یونٹ

1

ٹھوس حالت (The Solid State)

مقاصد

اس اکائی کا مطالعہ کرنے کے بعد آپ اس قابل ہو جائیں گے کہ

- ٹھوس حالت کی عام خصوصیات بیان کر سکیں گے
- نقلی (Amorphous) اور قلمی حالتوں کے درمیان امتیاز کر سکیں گے
- بندشی قوتوں کی نوعیت کی بنیاد پر قلمی (Crystalline) ٹھوسوں کی درجہ بندی کر سکیں گے
- قلم جالی (Crystal Lattice) اور یونٹ سیل کی تعریف بیان کر سکیں گے
- ذرات کی نزدیک پیکنگ کی وضاحت کر سکیں گے
- مختلف قسم کے خلاؤں (Voides) اور نزدیکی طور پر پیک شدہ ڈھانچوں (Close Packed Structures) کی وضاحت کر سکیں گے
- مختلف قسم کے مکعبی یونٹ سیلوں کی پیکنگ لیاقت (Packing efficiency) کی تحسیب کر سکیں گے
- کسی شے (Substance) کی کثافت کا اس کے یونٹ سیل کی خصوصیات کے ساتھ رشتہ بیان کر سکیں گے
- کسی ٹھوس میں پائی جانے والی کمیوں (Imprefections) اور خصوصیات پر ان کے اثرات کو بیان کر سکیں گے
- ٹھوسوں کی مقناطیسی اور برقی خاصیتوں اور ان کی ساختوں کے رشتے کو بیان کر سکیں گے۔

اونچی درجہ حرارت والے سپر کنڈکٹر، حیات دوست پلاسٹک، سلیکان چپس وغیرہ جیسی اکثر ٹھوس اشیا مستقبل میں سائنس کی ترقی اور توسیع میں اہم رول ادا کریں گی۔

اس سے قبل ہم جو کچھ مطالعہ کر چکے ہیں اس کے مطابق رقیق (Liquids) اور گیسوں کو سیال (Fluids) کہا جاتا ہے کیونکہ ان میں بہنے کی صلاحیت ہوتی ہے۔ مائع اور گیس دونوں حالتوں میں جو سیالیّت (Fluidity) ہوتی ہے اس کی وجہ یہ ہے کہ سالمات (Molecules) ادھر ادھر گھومنے میں آزاد ہوتے ہیں۔ اس کے برخلاف، ٹھوسوں میں ترکیبی ذرات کی پوزیشن معین یا فکسڈ (Fixed) ہوتی ہے اور وہ صرف اپنی وسطی (Mean) پوزیشنوں کے گرد ہی اہتزاز کر سکتے ہیں۔ اس بات سے ہمیں ٹھوسوں کی سختی (Rigidity) معلوم ہو جاتی ہے۔ یہ خاصتیں ان ٹھوسوں کی ترکیبی ذرات کی نوعیت اور ان کے ذرات کے درمیان عامل بندشی قوتوں پر منحصر ہوتی ہیں۔ خاصیتوں اور ساخت کے درمیان ہم رشتگی، ایسے نئے ٹھوس میٹریل کی کھوج میں مدد کرتی ہے جن میں مطلوب خاصیتیں پائی جاتی ہیں۔ مثال کے طور پر کاربن نینوٹیوب نئے مادّے ہیں جن میں یہ صلاحیت ہوتی ہے کہ وہ ایسے مادّے فراہم کر سکیں جن کی قوت اسٹیل سے زیادہ ہو، جو المونیم سے ہلکی ہوں اور جن کی ایصالی قوت تانبہ سے زیادہ ہو۔ ایسی اشیا سائنس اور معاشرے کے مستقبل کے فروغ میں توضیحی (توضیحی) کردار ادا کر سکتے ہیں۔ کچھ دوسری چیزیں جن سے توقع کی جاتی ہے کہ وہ مستقبل میں اہم کردار ادا کریں گی ان میں اونچے درجہ کی حرارت والے سپر کنڈکٹروں (Superconductors)، مقناطیسی میٹریل پیکنگ کے لیے حیاتیاتی طور پر تنزل پذیر پولیمرس (Biodegradable Polymers) اور سرجیکل امپلانٹس (Surgical Implants) کے لیے حیاتیاتی طور پر مطیع ٹھوسوں (Biocompliant Solids) کا نام لیا جا سکتا ہے۔ لہٰذا اس حالت کا مطالعہ جدید تناظر میں زیادہ اہم ہو جاتا ہے۔

اس اکائی میں ہم ذرات کی مختلف امکانی ترتیبوں پر گفتگو کریں گے۔ مختلف قسم کی ساختیں اپنی ترتیبوں کا نتیجہ ہوتی ہیں۔ ہم اس بات کا بھی پتہ لگائیں گے کہ ساختی کمیوں (Structural Imperfections) کے سبب یا پھر بہت معمولی مقدار میں ملاوٹ کی موجودگی کی وجہ سے عام طور پر چھوٹے قلموں (Crystal) یہ ان کی خاصیتوں میں ترمیم ہوجاتی ہے۔

1.1 ٹھوس حالت کی عمومی خصوصیات (General Characteristics of Solid State)

گیارہویں کلاس میں ہم پڑھ چکے ہیں کہ کوئی بھی مادّہ تین حالتوں میں پایا جاسکتا ہے یعنی ٹھوس، مائع یا گیس کی حالت میں۔ دیئے گئے کسی خاص دباؤ اور خاص درجۂ حرارت کی صورت، کسی شے (Substance) کی ان میں سے کون سی حالت سب سے زیادہ قائم (Stable) ہوتی ہوگی اس کا انحصار مخالف عوامل (Opposing Factors) کے مجموعی اثر (Net Effect) پر ہے۔ یہ بین سالماتی قوتیں ہیں جن میں سالمات (یا ایٹوں یا آئینوں) کو ایک دوسرے سے قریب رکھنے کا رجحان ہوتا ہے اور حرارتی توانائی جن میں ان (سالمات) کو ایک دوسرے سے الگ رکھنے کا رجحان ہوتا ہے کیونکہ یہ توانائی ان سالمات کو تیز تر کردیتی ہے۔ بہت کم درجۂ حرارت پر، حرارتی توانائی کم ہوتی ہے اور بین سالماتی قوتیں ان کو اتنا قریب لے آتی ہیں کہ وہ دوسرے سے چپٹ جاتے ہیں اور مقرر حالتوں (Fixed Positions) پر قبضہ کرلیتے ہیں۔ یہ اب بھی اپنی وسطی (Mean) حالت پر اہتزاز کرسکتے ہیں اور جب کہ شے (Substance) ٹھوس حالت میں باقی رہ سکتی ہے۔ ٹھوس حالت میں مندرجہ ذیل خصوصیات پائی جاتی ہیں:

(i) ان کی ایک طے شدہ کمیت ہوتی ہے، حجم ہوتا ہے اور شکل ہوتی ہے۔

(ii) بین سالماتی فاصلے کم ہوتے ہیں۔

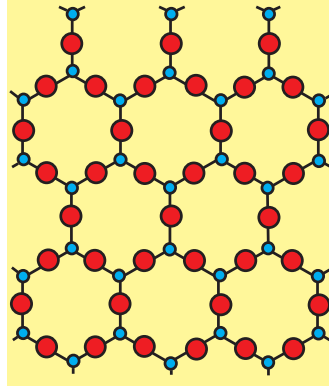
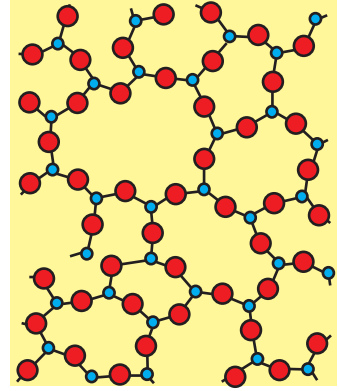
(iii) بین سالماتی قوتیں شدید ہوتی ہیں۔

(iv) ان کے ترکیبی ذرات (ایٹم، سالمے یا آین) کی پوزیشنیں مقرر ہوتی ہیں اور وہ اپنے وسطی مقامات پر اہتزاز کرسکتے ہیں۔

(v) وہ داب ناپذیر (Incompressible) اور سخت (Rigid) ہوتے ہیں۔

1.2 نقلمی اور قلمی ٹھوس (Amorphous and Crystalline Solids)

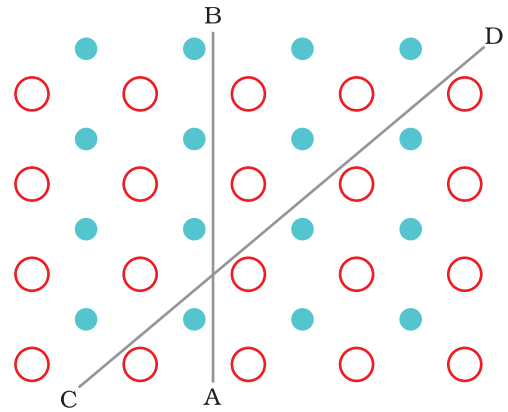
ٹھوسوں کے ترکیبی ذرات کی ترتیب میں جو الحام پایا جاتا ہے اس کی نوعیت کی بنا پر ہی ان کی درجہ بندی قلمی اور نقلمی میں کی گئی ہے۔ ایک قلمی ٹھوس عام طور پر چھوٹے قلموں (Crystals) کی بڑی تعداد پر مشتمل ہوتا ہے اور ان میں سے ہر قلم کی ایک متعین اور مخصوص جیومیٹریائی (Geometrical) شکل ہوتی ہے۔ ایک قلم کے اندر ترکیبی ذرات (ایٹم، سالمات یا آین) کی ترتیب ایک نظام کے تحت ہوتی ہے۔ اور یہ سہ ابعاد میں دہرائے جاتے ہیں اگر ہم قلم کے ایک حصّہ میں اس ترتیب کا مطالعہ کریں تو ہم کسی بھی ذرّہ کے مقام کی، قلم کے کسی دوسرے حصّہ میں بے کم وکاست پیشین گوئی کرسکتے ہیں۔ خواہ وہ مشاہدہ کرنے والی جگہ سے کتنی ہی دوری پر کیوں نہ ہو۔ اس طرح قلم اور اس کے وسیع نظام کا مطلب یہ ہوتا ہے کہ ذرات کی ترتیب میں ایک مقررہ نمونہ (Regular Pattern) پایا جاتا ہے اور تمام قلم پر دوری کے اعتبار سے اس کی تکرار ہوتی رہتی ہے۔ سوڈیم کلورائڈ اور کوارٹز قلمی ٹھوس کی خصوصی مثالیں

ہیں۔شیشہ، ربر اور بہت سے پلاسٹک قلم نہیں بناتے جب ان کے رقیقوں کو ٹھنڈا کر کے ٹھوس میں تبدیل کیا جاتا ہے۔ان کو نقلمی (Amorphouse) ٹھوس کہا جاتا ہے۔ایک نقلمی ٹھوس بے قاعدہ (Irregular) شکل کے ذرات پر مشتمل ہوتا ہے۔ایسے کسی ٹھوس میں، ترکیبی ذرات (ایٹم، سالمات یا آین) کی ترتیب کا نظام (Order) بہت محدود پیمانے پر ہوتا ہے۔اس قسم کی کسی ترتیب میں ایک باقاعدہ (Regular) اور دوری طور پر تکراری ترتیب (Pattern) کی صرف مختصر فاصلوں پر ہی نظر آتی ہے۔باقاعدہ ترتیب بکھرے ہوئے یا منتشر

(a)

(b)

شکل **1.1** : (a) کوارٹز اور (b) کوارٹز گلاس کی دو بعدی ساخت

ہوتے ہیں اور ان کے درمیان ترتیب غیر منظم (Disordered) ہوتی ہے، کوارٹز (قلمی) اور کوارٹز گلاس (نقلمی) کی بناوٹ کو بالترتیب شکل (a)1.1 اور (b) میں دکھایا گیا ہے۔دونوں کے ڈھانچے یکساں ہیں لیکن نقلمی کوارٹز گلاس کے معاملے میں کوئی بڑے پیمانے کا نظام نہیں ہے۔نقلمی ٹھوسوں کا ڈھانچہ مائعات کے ڈھانچہ جیسا ہے۔ترکیبی ذرات کی ترتیب میں اختلافات کی بنا پر، ان دونوں قسم کی ٹھوسوں کی خاصیتیں الگ الگ ہوتی ہیں۔

قلمی ٹھوسوں کا نقطۂ گداخت بہت تیز (Sharp) ہوتا ہے۔ایک مخصوص درجۂ حرارت پر یہ یکا یک پگھل جاتے ہیں اور رقیق میں تبدیل ہوجاتے ہیں۔ اس کے برخلاف نقلمی ٹھوس درجۂ حرارت کے ایک سلسلے (Range) پر نرم ہوجاتے ہیں اور پگھل کر بہنا شروع کر دیتے ہیں۔ان کو مختلف شکلوں میں ڈھالا جاسکتا ہے۔نقلمی ٹھوس کی ساختی خصوصیات رقیق جیسی ہی ہوتی ہیں اور اسی لیے ہم انھیں آسانی کے ساتھ بہت گاڑھے/نیم سیال سمجھ سکتے ہیں اور یہ کسی درجۂ حرارت پر پہنچ کر قلمی بن سکتے ہیں۔قدیم تہذیبوں کی کانچ کی بنی ہوئی کچھ ایسی اشیاء دستیاب ہوئی ہیں جن کی ظاہری شکل قلماؤ کی وجہ سے دودھیا (Milky) لگتی ہے۔ مائعات (Liquids) کی طرح نقلمی ٹھوسوں میں بہنے کا رجحان ہوتا ہے۔اگر چہ یہ بہاؤ کا رجحان بہت سست رفتار ہوتا ہے۔اسی لیے کبھی کبھی ان کو نقلی ٹھوس (Pseudo Solids) یا اعلیٰ سرد مائعات (Super Cooled Liquids) بھی کہا جاتا ہے۔

نقلمی ٹھوس اپنی فطرت میں ہم طرف (Isotropic) ہوتے ہیں۔ان کی خصوصیات جیسے کہ میکانی قوت، انعطاف نما (Refrective Index) اور موصلیت (Conductivity) وغیرہ ہرسمت میں یکساں ہوتی ہیں۔اس کی وجہ یہ ہے کہ ان میں لمبی رینج (Long Range) کا کوئی سلسلہ نہیں ہوتا اور تمام اطراف، جہات میں ذرات کی ترتیب باقاعدہ نہیں ہوتی ہے۔لہٰذا کل ترتیب ہرسمت سے معاول (Equivalent) ہوجاتی ہے۔اسی لیے، کسی بھی طبعی خاصیت کی قدر (Value of Propety) ہر جہت میں یکساں ہوتی ہے۔

شکل **1.2** : قلموں میں اختلاف اطراف (Anistoropy) مختلف جہات میں ذرات کی مختلف ترتیب کی وجہ سے ہوتی ہے۔

جدول 1.1: قلمی اور نقلمی ٹھوسوں کے درمیان امتیازات

خاصیت	قلمی ٹھوس	نقلمی ٹھوس
شکل	متعین خصوص ہندسی شکل	بے قاعدہ شکل
نقطۂ گداخت	ایک تیز اور مخصوص درجۂ حرارت پر پگھل جاتا ہے	درجہ حرارت کی ایک رینج پر بتدریج نرم ہوجاتا ہے
شکستگی (Cleavage) کی خاصیت	جب کسی تیز دھار دار آلہ سے قطع کیا جائے تو وہ دوٹکڑوں میں کٹ جاتے ہیں اور نئی پیدا ہونے والی سطحیں ہموار اور چکنی ہوتی ہیں	جب کسی تیز دھار دار آلے سے کاٹا جائے تو دوٹکڑوں میں قطع ہوجاتے ہیں لیکن سطحیں بے قاعدہ (Irregular) ہوتی ہیں
گداخت کی اینتھالپی (Heat of fusion)	ان کے گداخت کے لیے اینتھالپی متعین اور مخصوص ہوتی ہے	ان کے گداخت کی اینتھالپی متعین نہیں ہوتی
مختلف الاطرافی (Anisotrorpy)	یہ اپنی فطرت میں مختلف الاطراف ہوتے ہیں	اپنی فطرت میں ہم طرف ہوتے ہیں
فطرت	اصلی ٹھوس (Ture Solids)	نقلی (Pseudo) ٹھوس یا اعلیٰ سرد مائعات
ترکیبی ذرات میں نظام ترتیب	لمبی رینج کا نظام	صرف مختصر رینج کا نظام

قلمی ٹھوس اپنی فطرت میں مختلف الاطراف (Anisotropic) ہوتے ہیں اس کا مطلب یہ ہے کہ جب انہی قلموں میں مختلف جہات کے ساتھ ان کو نا پا جاتا ہے تو ان کے طبعی خواص جیسے برقی مزاحمت یا انعطاف نما (Refractive Index) مختلف قدروں (Values) کا اظہار کرتے ہیں۔ ایسا مختلف جہتوں میں ذرات کی مختلف ترتیب (Arrangement) کی وجہ سے ہوتا ہے۔ اس بات کو شکل 1.2 میں دکھا گیا ہے۔ یہ شکل دوقسم کے ایٹموں کے دوابعادی ترتیب کو ظاہر کرتی ہے۔ میکانیکی خصوصیات جیسے کہ شیرنگ اسٹریس (sharing stres) کے تئیں

متن پر مبنی سوالات

1.1 ٹھوس، سخت (Rigid) کیوں ہوتے ہیں؟

1.2 ٹھوسوں کا ایک متعین حجم کیوں ہوتا ہے؟

1.3 درج ذیل کی قلمی اور نقلمی ٹھوسوں میں درجہ بندی کیجیے: پولی یوریتھین (Polyurethane)، نفتالین (Naphthalene)، بینزوئک ایسڈ (Benzoic Acid)، ٹیفلون (Teflon)، پوٹاشیم نائٹریٹ، سیلوفین (Cellophane)، پالی ونائل کلورائڈ، فائبر گلاس، کاپر۔

1.4 کانچ کو اعلیٰ سرد مائع (Super Cooled Liquid) کیوں سمجھا جاتا ہے؟

1.5 کسی ٹھوس کے تمام اطراف میں ایک ہی قدر حاصل کرنے کے لیے اس کے انعطاف نما کا مشاہدہ کیا جاتا ہے۔ اس ٹھوس کی نوعیت پر تبصرہ کیجیے۔ کیا یہ شکستگی (Cleavage) کی خصوصیت کو ظاہر کرے گا؟

مزاحمت دوسمتوں میں بہت مختلف ہوسکتی ہیں جوشکل میں دکھائی گئی ہیں۔CD سمت میں بناوٹ کا نقص قطار کے ایٹموں کو ہٹا دیتا ہے جس میں دو مختلف قسم کے ایٹم ہوتے ہیں۔ جبکہ AB سمت میں قطار میں ایک ہی قسم کے ایٹم ہوتے ہیں۔اس فرق کا جدول 1.1 میں خلاصہ کیا گیا ہے۔

قلمی اور نقلمی ٹھوس مادّوں کے علاوہ کچھ ایسے ٹھوس بھی ہوتے ہیں جو بظاہر نقلمی نظر آتے ہیں لیکن ان کی ساخت خورد قلمیں ہوتی ہیں۔ ان کو کثیر قلمی ٹھوس کہا جاتا ہے۔ دھاتیں عام طور پر کثیر قلمی حالتوں میں پائی جاتی ہیں۔ منفرد قلمیں بے ترتیب رخ پر تعین ہوتی ہیں لہٰذا ایک دھاتی نمونہ ہم رخی (Isotropic) نظر آسکتا ہے اگرچہ ایک منفرد قلم غیر ہم رخی (Anisotropic) ہوتی ہے۔

نقلمی ٹھوس مفید اشیا (Materials) ہیں۔ کانچ، ربر اور پلاسٹک کا استعمال آج ہماری روز مرہ کی زندگی میں بہت بڑھ چکا ہے۔سورج کی روشنی کو بجلی میں تبدیل کرنے کے لیے نقلمی سلی کون ایک بہترین اور دستیاب فوٹو وولٹائی (Photovoltaic) شے ہے۔

1.3 قلمی ٹھوسوں کی درجہ بندی (Classification of Crystalline Solids)

سیکشن 1.2 میں ہم نے نقلمی اشیاء (Substance) کے بارے میں پڑھا کہ ان کا نظام مختصر رینج کا ہوتا ہے۔ ٹھوس اشیاء (Solid Substances) اپنی فطرت میں اکثر قلمی ہوتے ہیں۔مثال کے طور پر تمام دھاتی عناصر جیسے لوہا، کاپر اور سلور اور اسی طرح غیر دھاتی عناصر جیسے سلفر، فاسفورس اور ایوڈین نیز مرکبات جیسے سوڈیم کلورائڈ، زنک سلفائڈ اور نفتالین (Naphthalane) قلمی ٹھوس بناتے ہیں۔

قلمی دھاتوں کی درجہ بندی مختلف طریقوں سے کی جاسکتی ہے۔ یہ طریقہ ہمارے مقصد پر منحصر ہوتا ہے یہاں ہم ٹھوس اشیا کو ان بین سالماتی (Intermolecular Process) قوتوں کی نوعیت کی بنیاد پر درجہ بند کریں گے۔ یا ان گرفتوں پر جو تشکیلی ذرات کو باندھ کر رکھتے ہیں۔ یہ ہوتے ہیں–(i) ونڈر وال قوتیں؛(ii) آینی گرفت؛(iii) ہم شرکتی گرفت؛(iv) دھاتی گرفت۔اس بنیاد پر ٹھوس چار زمروں یعنی سالماتی، آیونک،ملزاتی (Metallic) اور شریک گرفت (Covalent) میں کی جاتی ہے۔اب ہم ان زمروں (Categories) کے بارے میں گفتگو کرتے ہیں۔

1.3.1 سالماتی ٹھوس (Molecular Solids)

سالمات،سالماتی ٹھوسوں کے ترکیبی ذرات ہوتے ہیں۔ان کی ذیلی درجہ بندی درج ذیل زمروں میں کی جاتی ہے۔

(i) **غیر قطبی سالماتی ٹھوس** (Non Polar Molecular Solides) : یہ ٹھوس یا تو ایٹموں جیسے ارگن اور ہیلیم پر مشتمل ہوتے ہیں یا ان سالمات پر مشتمل ہوتے جن کی تشکیل غیر قطبی شریک گرفتی بندشوں سے ہیں جیسے H_2، Cl_2 اور I_2۔ ان ٹھوسوں میں، کمزور انتشاری قوتیں (Dispersion Forces) یا لندن قوتیں، جن کے بارے میں آپ کلاس XI میں پڑھ چکے ہیں، ایٹموں اور سالمات کو باندھے رکھتی ہیں۔ یہ ٹھوس نرم ہوتے ہیں اور غیر موصل ہوتے ہیں ان کا نقطۂ گداخت کم ہوتا ہے اور یہ عام طور پر کمرے کے درجۂ حرارت اور دباؤ پر مائع یا گیسی حالت میں ہوتے ہیں۔

(ii) **قطبی سالماتی ٹھوس**: HCl، SO_2 وغیرہ جیسی اشیاء (Substances) کے سالمات کی تشکیل قطبی شریک گرفتی بندشوں سے تشکیل پاتی ہیں۔ان ٹھوسوں میں سالمات نسبتاً طاقتور (Dipole-dipole) تعاملوں سے بندھے رہتے ہیں یہ ٹھوس نرم اور غیر موصل ہوتے ہیں ان کا نقطۂ گداخت غیر قطبی سالماتی ٹھوسوں کے

مقابلے اونچا ہوتا ہے پھر بھی ان میں سے اکثر کمرے کے درجہ حرارت اور دباؤ پر گیسی یا مائع حالت میں ہوتے ہیں۔ٹھوس SO_2 اور ٹھوس NH_3 اسی قسم کے ٹھوسوں کی مثالیں ہیں۔

(iii) **ہائڈروجن سے بندھے سالماتی ٹھوس:** اس قسم کے ٹھوسوں کے سالمات، H اور F، O یا N ایٹموں کے درمیان قطبی شریک گرفتی بندشوں پر مشتمل ہوتے ہیں۔مضبوط ہائیڈروجن بندش، H_2O (برف) جیسے ٹھوسوں کے سالمات کو باندھے رکھتی ہے...... یہ غیر موصل ہوتے ہیں۔ عام طور پر یہ کمرے کے درجۂ حرارت اور دباؤ پر طیران پذیر (Volatile) مائع یا نرم ٹھوس ہوتے ہیں۔

1.3.2 آینی ٹھوس (Ionic Solids)

آین، آیونک ٹھوسوں کے ترکیبی ذرات ہوتے ہیں۔ یہ ٹھوس، کیٹائنوں اور اینائنوں کی تین ابعادی ترتیبوں سے تشکیل پانے میں جو مضبوط کولمبی (الیکٹرواسٹیٹک۔(برقی سکونی)) قوتوں سے بندھے ہوتے ہیں۔ یہ ٹھوس اپنی فطرت میں سخت اور پھوٹک (Brittle) ہوتے ہیں۔ ان کا نقطۂ گداخت اور نقطۂ جوش (Boiling Point) اونچا ہوتا ہے۔ چونکہ آین ادھر اُدھر حرکت میں آزاد نہیں ہوتے اس لیے وہ ٹھوس حالت میں برقی حاجز (Electrical Insulator) ہوتے ہیں۔ بہر حال، پگھلی ہوئی حالت میں یا پانی میں حل شدہ حالت میں، آین ادھر ادھر حرکت کرنے میں آزاد ہوتے ہیں اور پھر وہ برقی موصل بھی ہوتے ہیں۔

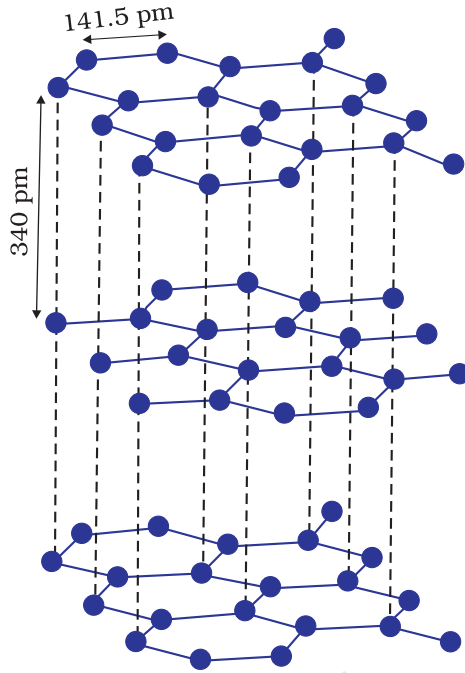
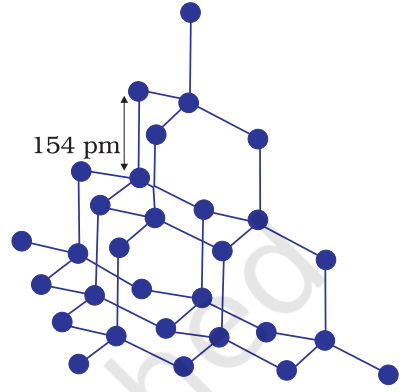
1.3.3 دھاتی ٹھوس (Metallic Solids)

دھاتیں، بے شمار آزاد الیکٹرونوں سے گھرے اور باہم بندھے مثبت آینوں کی منظّم مجموعہ (Orderly Collection) ہوتی ہیں۔ یہ الیکٹرون متحرک (Moblile) ہوتے ہیں اور تمام قلم پر واضح طور پر پھیلے ہوتے ہیں۔ ہر دھاتی ایٹم، متحرک الیکٹرونوں کے اس سمندر میں ایک یا ایک سے زیادہ الیکٹرونوں کا اضافہ کردیتا ہے۔ یہی آزاد اور متحرک الیکٹرون، دھاتوں کی اونچی، برقی اور حرارتی (Thermal) موصلیت (Conducitvity) کے لیے ذمہ دار ہوتے ہیں۔ جب کسی برقی فیلڈ کا استعمال کیا جاتا ہے تو یہ الیکٹرون مثبت آینوں کے تمام نیٹ ورک میں بہنے لگتے ہیں۔اسی طرح جب دھات کے کسی حصے کو حرارت پہنچائی جاتی ہے تو آزاد الیکٹرونوں کے ذریعہ حرارتی توانائی یکساں طور پر ہر جگہ پھیل جاتی ہے۔ دھاتوں کی ایک اور خصوصیت کچھ حالات میں ان کی چمک اور رنگ الگ ہوتا ہے۔ایسا ان کے اندر موجود الیکٹرونوں کی وجہ سے ہوتا ہے۔ دھاتیں اونچے پیمانے پر متروق اور تمدد پذیر (Malleable and Ductile) ہوتی ہیں۔

1.3.4 شریک گرفتی یا نیٹ ورک ٹھوس (Covalent or Network Solids)

غیر دھاتی قلمی ٹھوس پورے قلم پر ہمسایہ ایٹموں کے درمیان شریک گرفتی بندشوں کی تشکیل کا نتیجہ ہوتے ہیں۔ ان کو ''عظیم سالمات'' (Giant Molecules) بھی کہا جاتا ہے۔شریک گرفتی بندشیں مضبوط ہوتی ہیں اور اپنی فطرت ''جہت نما'' (Directional) ہوتی ہیں اسی لیے ایٹم اپنی اپنی پوزیشنوں پر مضبوطی سے بندھے ہوتے ہیں۔ایسے ٹھوس بہت سخت اور پھوٹک ہوتے ہیں۔ ان کے نقطۂ گداخت بہت اونچے ہوتے ہیں اور وہ پگھلنے سے تحلیل بھی ہوسکتے ہیں۔ یہ حاجز ہوتے ہیں اور بجلی کا ایصال نہیں کرتے۔ ڈائمنڈ (شکل 1.3) اور سلیکون کاربائڈ ایسے ٹھوسوں کی مخصوص مثالیں ہیں۔جس کے بارے میں درجہ نہم میں تفصیل سے پڑھ چکے ہیں۔ گریفائٹ یہ بھی قلموں کی جماعت سے تعلق رکھتا ہے لیکن یہ نرم ہوتا ہے اور بجلی کا موصل ہے۔اس کے ممتاز خواص اس کی مخصوص ساخت کی وجہ سے ہی ہیں۔شکل (1.4) کاربن کے ایٹموں کی ترتیب مختلف پرتوں میں ہوتی ہے اور ہر ایٹم ہر پرت میں اپنے تین پڑوسی

ایٹموں کے ساتھ شریک گرفتی طور پر بندھا ہوتا ہے۔ ہرایٹم کا چوتھا گرفتی الیکٹرون مختلف پرتوں کے درمیان موجود ہوتا ہے اور ادھر ادھر حرکت کرنے کے لیے آزاد ہوتا ہے۔ ان آزاد الیکٹرونوں کی وجہ سے گریفائٹ بجلی کا ایک اچھا موصل ہوتا ہے۔ مختلف پرتیں ایک دوسرے پر پھسل سکتی ہیں (Slide)۔ اس کی وجہ سے گریفائٹ ایک نرم ٹھوس اور ایک اچھا ٹھوس مدہن (Solid Lubricant) ہوتا ہے۔

چاروں طرح کے ٹھوسوں کی مختلف خاصیتیں جدول 1.2 میں دی گئی ہیں

شکل **1.4**: گریفائٹ کی ساخت

شکل **1.3**: ڈائمنڈ کی نیٹ ورک ساخت

جدول **1.2** ٹھوسوں کی مختلف اقسام

ٹھوس کی قسم	ترکیبی ذرات	بندشی کششی قوتیں	مثالیں	طبیعی فطرت	برقی موصلیت	نقطۂ گداخت
1۔ سالماتی ٹائپ						
(i) غیر قطبی	سالمات	انتشار یا لندن قوتیں	$Ar, CCl_4, H_2, I_2, CO_2$	نرم	حاجز	بہت کم
(ii) قطبی	ڈائی پول۔	ڈائی پول تعامل	HCl, SO_2	نرم	حاجز	کم
(iii) ہائڈروجن بندش	ہائڈروجن بند	H_2O (برف)		سخت	حاجز	کم
2۔ آئنی ٹھوس	آین	کولمبی یا الیکٹرواسٹیٹک	$NaCl, MgO, ZnS, CaF_2$	سخت لیکن پھوٹک	سخت حالت میں حاجز لیکن پگھلی ہوئی حالت	اونچا
3۔ دھاتی ٹھوس	ڈی لوکلائزڈ الیکٹرونوں کے سمندر میں مثبت آین	دھاتی بندش	Fe, Cu, Ag, Mg	سخت لیکن متروق اور تمدد پذیر	ٹھوس اور پگھلی ہوئی حالت	خاصا اونچا
4۔ شریک گرفتی یا نیٹ ورک ٹھوس	ایٹم	شریک گرفت بندش	SiO_2 (کوارٹز)، SiC, C (ڈائمنڈ)، AlN	سخت		بہت اونچا
			C (گریفائٹ)	نرم	موصول (استثنا)	

متن پر مبنی سوالات

1.6 درج ذیل ٹھوسوں کی مختلف زمروں میں درجہ بندی ان کے اندر کارفرما بین سالماتی قوتوں کی بنیاد پر کیجیے۔

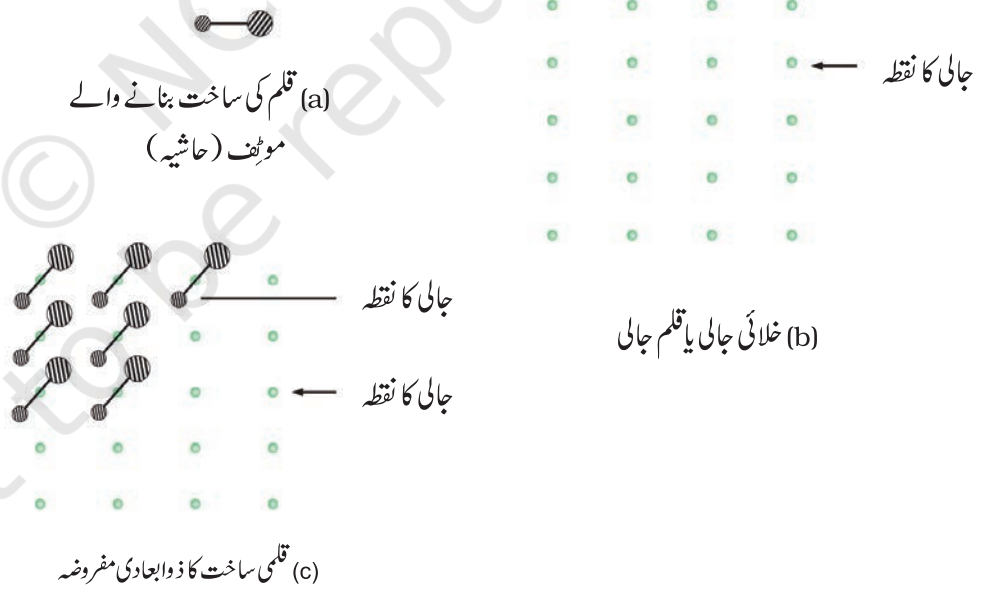
پوٹاشیم سلفیٹ، ٹن، بینزین، یوریا، امونیا، پانی، زنک، سلفائڈ، گریفائٹ، روبی ڈیم، آرگن، سلی کون کار بائڈ۔

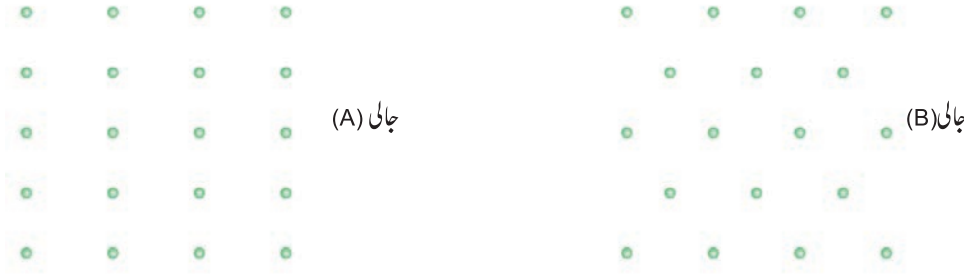
1.7 ٹھوس A، ٹھوس اور پگھلی ہوئی دونوں حالتوں میں بہت سخت برقی موصل ہے اور بہت ہی اونچے درجۂ حرارت پر پگھلتا ہے۔ یہ کس قسم کا ٹھوس ہے؟

1.8 آیونک ٹھوس پگھلی ہوئی حالت میں برق کا ایصال کرتے ہیں لیکن ٹھوس حالت میں نہیں کرتے۔ وضاحت کیجیے۔

1.9 کس ٹائپ کے ٹھوس برقی موصل، متروق اور تمدد پذیر ہوتے ہیں؟

1.4 قلم کی جالیاں اور یونٹ سیلز (Crystal Lattices and Unit Cells)

آپ نے نوٹس کیا ہوگا کہ جب فرش پر ٹائلز لگاتے ہیں تو وہ ایک تکراری نمونہ بناتے ہیں۔ اگر زمین پر ٹائلز سیٹ کرنے کے بعد ہم ہر ایک ٹائل کے ایک ہی مقام پر ایک نقطہ لگادیں (مثال کے طور پر ٹائل کے مرکز پر) اور ٹائلز کو نظر انداز کرتے ہوئے صرف نقطوں کو دیکھیں تو ہمیں نقطوں کا ایک سیٹ نظر آئے گا۔ نقطوں کا یہ سیٹ ایک مچان ہے جس پر ٹائلز کو رکھ کر نمونے کو بنایا گیا ہے۔ نقطوں کا یہ سیٹ ایک خلائی جالی ہے جس پر ساختی اکائیوں (ٹائلز) کو رکھ کر ذوابعادی نمونہ بنایا گیا ہے۔ ساختی اکائی کو بنیاد یا حاشیہ (موٹِف Motif) کہتے ہیں۔ جب حاشیہ کو خلائی جالی میں نقطوں کے اوپر رکھا جاتا ہے تو نمونہ تیار ہوتا ہے۔ قلمی ساخت میں حاشیہ ایک سالمہ، ایک ایٹم یا آین ہوتا ہے۔ خلائی جالی جو قلمی جالی بھی کہلاتی ہے نقطوں کا نمونہ ہے جو حاشیہ کے مقام کو ظاہر کرتا ہے۔ دوسرے الفاظ میں قلمی ساخت کے لیے خلائی جالی ایک مجرد حاشیہ ہے۔ جب ہم خلائی جالی کے نقطوں پر حاشیوں کو مماثل طریقہ سے رکھتے ہیں تو ہمیں قلم حاصل ہوتی ہے۔ تصویر 1.5 میں ایک حاشیہ دکھایا گیا ہے ایک ذوابعادی جالی اور ایک مفروضہ ذوابعادی قلمی ساخت جس کو ذوابعادی جالی پر حاشیوں کو رکھ کر حاصل کیا گیا ہے۔

شکل 1.5: (a)موٹِف(حاشیہ)(b)خلائی جالی(c)قلمی ساخت کا ذوابعادی مفروضہ

جالی کے نقطوں کی مخصوص ترتیب سے مختلف قسم کی جالیاں بنتی ہیں۔شکل 1.6 میں دومختلف قسم کی جالیوں میں نقطوں کی ترتیب دکھائی گئی ہے۔

شکل1.11: ذومختلف جالیوں میں نقطوں کی ترتیب

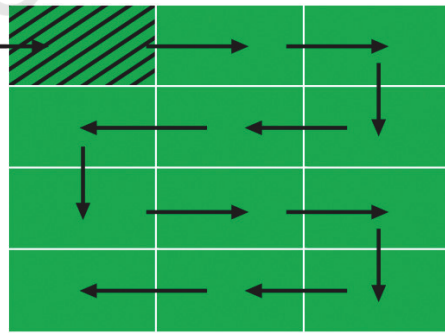
قلمی ٹھوس میں خلائی جالی سہ ابعادی ہوتی ہے۔قلمی ٹھوس ساختی حاشیوں کو جالی نقطوں سے وابستہ کرکے حاصل ہوتے ہیں۔ ہرایک تکراری بنیاد یا حاشیہ کی ساخت ایک جیسی ہوتی ہے اوران کا مخصوص ماحول ہوتا ہے جیسا کہ قلم میں دوسرے کا ہوتا ہے۔ ہر حاشیہ کا ماحول پورے قلم میں یکساں ہوتا ہے سوائے سطح کے۔

قلمی جالی کی خصوصیات درج ذیل ہیں:

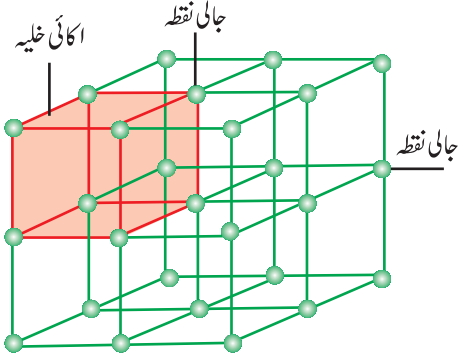
(a) جالی کا ہر نقطہ یا قلم نقطہ کہلاتی ہے۔

(b) قلم جالی میں ہر نقطہ ایک جزوی ذرہ کو ظاہر کرتا ہے جو ایک ایٹم، سالمہ(ایٹموں کا گروہ) یا آئن ہوسکتا ہے۔

(c) جالی کے نقطوں کو سیدھی لائنوں سے جوڑ کر جالی کی جیومیٹری بنائی جاتی ہے۔

ہمیں قلم کو مکمل طور پر بیان کرنے کے لیے قلم کی خلائی جالی کے محض چھوٹے سے حصّہ کی ضرورت ہوتی ہے۔ یہ چھوٹا سا حصّہ اکائی خلیہ (Unit cell) کہلاتا ہے۔اکائی سیل کو مختلف طریقوں سے چنا جاسکتا ہے۔عام طور پر اس خلیہ کو چنا جاتا ہے جس کی عمودی سطحوں کی لمبائی سب سے کم ہو اور سہ ابعاد میں اکائی خلیہ کے انتقال/منتقلی سے ہم پوری قلم تیار کرسکتے ہیں۔شکل 1.7 میں پوری قلم کی ساخت تیار کرنے کے لیے ذوابعاد جالی کے اکائی خلیوں کی حرکت دکھائی گئی ہے۔اکائی خلیوں کی وضع ایسی ہے کہ وہ بغیر خلیوں کے درمیان جگہ چھوڑے ہوئے جالی کی پوری جگہ کو پُر کردیں گے۔

شکل1.7: تیروں کی سمت میں مربع کو منتقل کر کے ایک مفروضہ ذوابعادی قلمی ساخت کی تیاری

ذوابعاد میں ایک متوازی الضلاع کو جس کے رخ کی لمبائی 'a' اور 'b' ہے اوران کے درمیان کا زاویہ Y ہے، کو

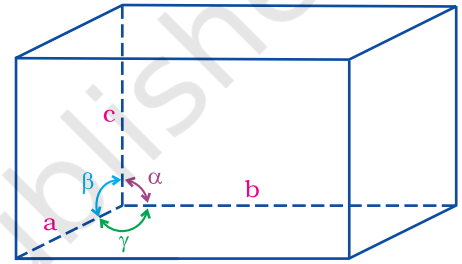
ایک اکائی خلیہ کے طور پر چنا گیا۔ ذوابعادی میں ممکنہ اکائی خلیہ شکل 1.8 میں دکھائے گئے ہیں۔

شکل **1.9**: تین ابعادی مکعبی جالی اور اس کا یونٹ سیل

شکل1.8: ذوابعادمیں ممکنہ اکائی خلیے

سہ ابعادقلم جالی اوراس کے اکائی خلیہ شکل 1.9 میں دکھائے گئے ہیں۔

ایک سہ ابعادقلمی ساخت میں ایک یونٹ سیل کی خصوصیات یہ ہیں:

(i) اس کے ابعاداس کے تینوں کناروں یعنی a,b اور c ہیں۔ یہ کنارے آپس میں عمودی ہوبھی سکتے ہیں اورنہیں بھی ہوسکتے ہیں۔

(ii) کناروں کے بیچ زاویے، α (b اور c کے درمیان) β (a اور C کے درمیان) اور γ (a اور b کے درمیان)۔ اس طرح ایک یونٹ کے چھ پیرا میٹر a,b,c, β اور γ ہوتے ہیں۔ ایک مخصوص یونٹ سیل کے یہ پیرا میٹر شکل 1.10 میں دکھائے گئے ہیں۔

شکل 1.10: ایک یونٹ سیل کے پیرامیٹرس کی وضاحت

1.4.1 ابتدائی اور وسطی یونٹ سیل (Primitive and Centerd Unti cells)

یونٹ سیلز کوموٹے طور پر دوزمروں میں تقسیم کیا جاسکتا ہے۔ ابتدائی اور وسطی یونٹ سیلز ہیں۔

(a) ابتدائی یونٹ سیلز

جب ترکیبی ذرات ایک یونٹ سیل کی صرف کارنر پوزیشن پر ہوں تو اسے ابتدائی یونٹ سیل (Primitive Unit Cell) کہا جاتا ہے۔

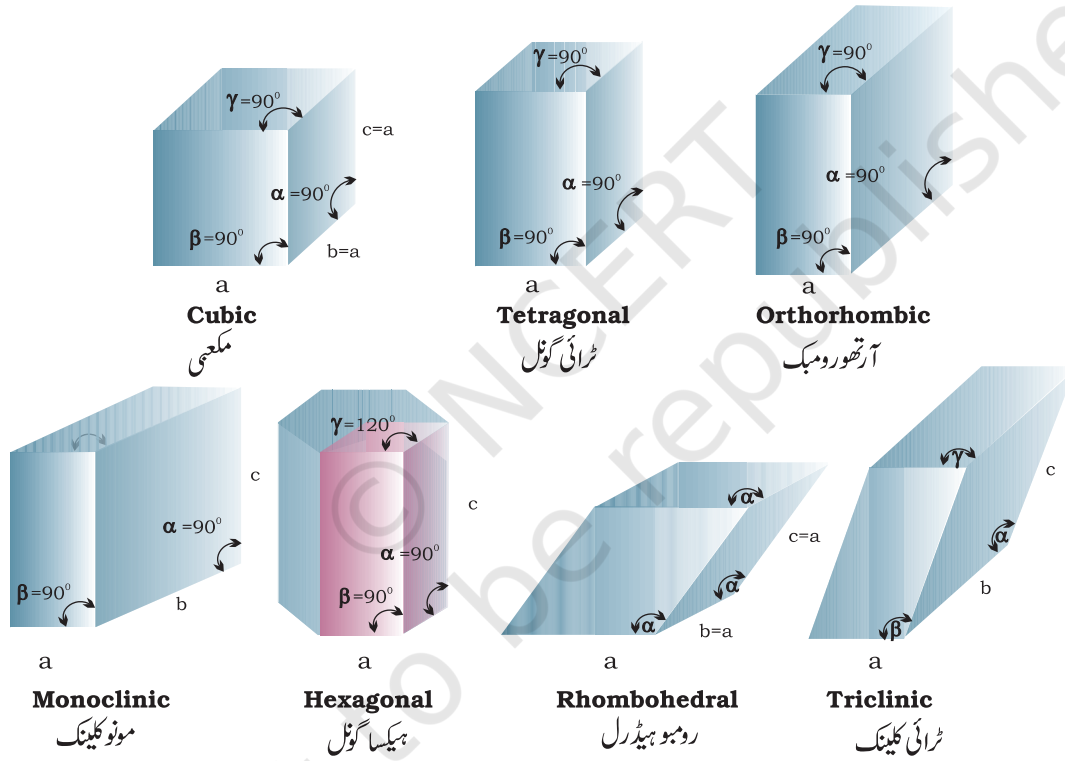
(b) وسطی یونٹ سیلز (Centred Unit Cells)

جب ایک یا ایک سے زیادہ ترکیبی ذرات کسی یونٹ سیل میں کارنروں کے علاوہ دوسری جگہوں پر موجود ہوں تو اس کو وسطی یونٹ سیل کہا جاتا ہے۔ وسطی یونٹ سیل تین ٹائپ کے ہوتے ہیں۔

(i) جسم. وسطی یونٹ سیلز (Body-Centred Unit Celles): ایسے یونٹ سیل میں ایک ترکیبی ذرّہ (ایٹم، سالمہ یا آین) جو اس کی باڈی سینٹر پر ہوتا ہے اور یہ ان کے علاوہ ہوتا ہے اس کے کارنروں پر ہوتے ہیں۔

(ii) رخ مرکزی یونٹ سیلز(Face-Centred Unit Cells) : ایسے یونٹ سیل میں ایک ترکیبی ذرّہ ہر چہرہ کے وسط میں ہوتا ہے اور جو ان کے علاوہ ہوتا ہے جو کارنروں پر ہوتے ہیں۔

(ii) ختم۔ وسطی یونٹ سیلز (End- Centred Unit Cells): ایسے یونٹ سیل میں ایک ترکیبی ذرہ کسی بھی دو مخالف چہروں کے وسط میں موجود ہوتا ہے اور یہ ان کے علاوہ ہوتا ہے جو اس کے کارنروں پر ہوتے ہیں۔

مختلف قسم کے قلموں کے معائنہ سے اس نتیجہ پر پہنچا گیا کہ یہ تمام سات منضبط شکلوں میں سے کسی ایک سے تعلق رکھتے ہیں۔ یہ بنیادی منضبط شکلیں سات قلمی نظام کہلاتی ہیں۔ دیا ہوا قلم کس نظام سے تعلق رکھتا ہے یہ اس کے دورخوں کے درمیان زاویوں کو ناپ کر کیا جاسکتا ہے اور یہ طے کرنا کہ اس کی ہیئت کی نمایاں خصوصیات کو متعارف کرنے کے لیے کتنے محوروں کی ضرورت ہوگی۔

شکل 1.11: سات قلمی نظاموں کو دکھاتا ھے

ایک فرانسیسی ریاضی داں برویز(Bravais)نے بتایا کہ سہ ابعادی جالیاں صرف 14 ہوسکتی ہیں ان کو برویز جالیاں کہا جاتا ہے۔ان جالیوں کے اکائی خلیوں کو درج ذیل باکس میں دکھایا گیا ہے۔جن وسطی یونٹ سیلز کی یہ تشکیل کرتے ہیں ان کے ساتھ ساتھ ان کی خصوصیات کو جدول 1.3 میں بیان کیا گیا ہے۔

جدول 1.3: سات ابتدائی یونٹ سیلز اور وسطی یونٹ سیلز کی حیثیت سے ان کے ممکنہ تغیرات **(Variations)**۔

نظام قلم	ممکنہ تغیرات	محوری فاصلے یا کناری طول	محوری زاویے	مثالیں
مکعبی	ابتدائی جسم۔وسطی چہرہ۔وسطی	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	NacI, Zinc blend, Cu
چوگوشی	ابتدائی جسم۔وسطی	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	سفیدٹن، سلفر، SnO_2، TiO_2، $CaSO_4$
آرتھورومبک	ابتدائی جسم۔وسطی چہرہ۔وسطی ختم۔وسطی	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	رومبک سلفر $BaSO_4$، KNO_3
شش گوشی	ابتدائی	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = 90°$ $\gamma = 120°$	گریفائٹ CdS، ZnO
رومبوہیڈرل یا ٹرائی گونل	ابتدائی	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90°$	کیلسائٹ $(CaCO_3)$ HgS (Cinnabar)
یک رخی (Monoclinic)	ابتدائی ختم۔وسطی	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \gamma = 90°$ $\beta \neq 120°$	مونوکلنک سلفر Na_2SO_4، $10H_2O$
سہ رخی (Triclinic)	ابتدائی	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90°$	H_3BO_3، $CuSO_4$، $5H_2O$، K_2Cr_2

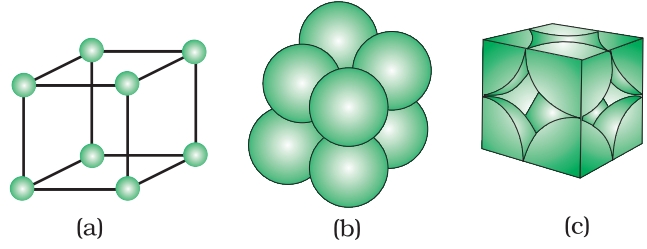
1.5 ایک یونٹ سیل میں ایٹموں کی تعداد (Number of Atoms in a Unit Cell)

ہم جانتے ہیں کہ ایک قلم کی جالی بہت سے یونٹ سیلز سے بنتی ہے اور جالی کے ہر نقطہ پر کسی ترکیبی ذرے (ایٹم، سالمہ یا آین) کا قبضہ ہوتا ہے۔ اب ہمیں یہ معلوم کرنا ہے کہ ہر ذرے کا کون سا حصہ کسی مخصوص یونٹ سیل سے متعلق ہوتا ہے۔

ہم مکعبی یونٹ سیلز کے تینوں قسموں کا تذکرہ کریں گے اور بات کو سادہ طور پر بیان کرنے کے لیے یہ مان کر چلیں گے کہ ترکیبی ذرہ ایک ایٹم معلوم ہوتا ہے۔

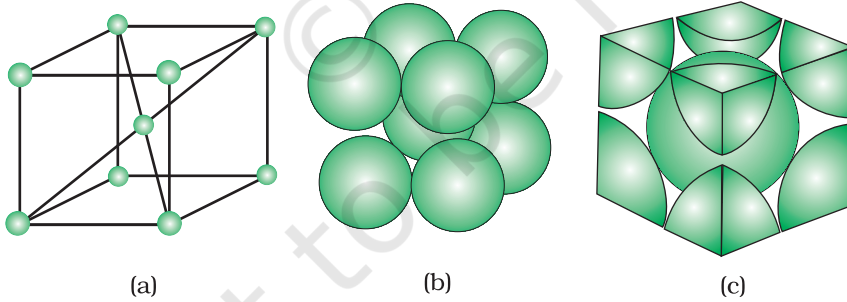
1.5.1 ابتدائی مکعبی یونٹ سیل (Primitive Cubic Unit Cell)

شکل 1.12: ایک سادہ مکعبی یونٹ سیل میں ہر کارنر ایٹم 8 یونٹ سیلز میں بٹا ہوتا ہے

ابتدائی مکعبی یونٹ سیل کے ایٹم صرف کارنر پر ہوتے ہیں۔ کارنر کا ہر ایٹم آٹھ ہمسایہ یونٹ سیلز کے درمیان بٹا ہوتا ہے (دیکھیے شکل 1.12)۔ اس میں سے چار یونٹ سیل اسی پرت میں اور چار یونٹ سیل اوپری (یا نچلی) پرت کے ہوتے ہیں۔ اس طرح صرف 1/8 ایٹم، سالمہ یا آین) حقیقت میں کسی مخصوص یونٹ سیل سے متعلق ہوتا ہے۔ شکل 1.13 میں ایک ابتدائی مکعبی یونٹ سیل کو تین مختلف طریقوں سے دکھایا گیا ہے۔ شکل 1.13(a) کا ہر گولا صرف ذرے کے اس مرکز کو دکھاتا ہے جس پر وہ قابض ہے اور اس کے حقیقی سائز کو نہیں دکھلاتا۔ ایسی ساختوں (Structures) کو کھلی ساختیں (Open Structures) کہتے ہیں۔ ذرات کی ترتیب کو کھلی ساختوں میں سمجھنا آسان ہے۔ شکل 1.13(b) میں یونٹ سیل کی جگہ کو پر کرنے والی ساخت اور ذرے کے حقیقی سائز کو دکھایا گیا ہے۔ شکل 1.13(c) میں مکعبی یونٹ سیل میں موجود مختلف ایٹموں کے حقیقی حصوں کو دکھایا گیا ہے۔

شکل **1.13**: ایک ابتدائی مکعبی یونٹ سیل (A Primitive Cubic Unit Cell)(a) کھلی ساخت (b) جگہ پُر کرنے والی ساخت (c) کسی یونٹ سیل سے تعلق رکھنے والے ایٹموں کے حقیقی حصے

مجموعی طور پر کیونکہ ہر مکعبی یونٹ سیل کے کارنر پر آٹھ ایٹم ہوتے ہیں اس لیے اک یونٹ سیل میں ایٹموں کی تعداد $8 \times \frac{1}{8} = 1$ ایٹم ہوتی ہے۔

1.5.2 جسم۔مرکزی مکعبی یونٹ سیل (Body-centred cubic unit cell)

ایک جسم۔مرکزی مکعبی (bcc) یونٹ سیل کے ہر کارنر پر ایک ایٹم اور اس کے جسمی مرکز (Body Centred) پر ایک ایٹم ہوتا ہے۔ شکل 1.14 میں (a) کھلی ساخت (b) جگہ پر کرنے والا ماڈل اور (c) یونٹ سیل کو ایٹموں کے ان حصوں کے ساتھ دکھایا گیا ہے جو اس یونٹ سیل سے حقیقت میں تعلق رکھتے ہیں۔ یہ بات دیکھی جاسکتی ہے کہ ہر جسمی مرکز پر

شکل **1.14**: ایک جسم مرکزی مکعبی یونٹ سیل (a) کھلی ساخت (b) جگہ پُر کرنے والی ساخت (c) ایٹموں کے حقیقی حصے جو ایک یونٹ سیل سے تعلق رکھتے ھیں۔

ایٹم مکمل طور پر اسی یونٹ سیل سے متعلق ہوتا ہے جس میں وہ موجود ہے۔ اس طرح ایک جسم مرکزی مکعبی (bcc) یونٹ سیل ہیں:

(i) 8 کارنر $\frac{1}{8}$ × فی کارنر ایٹم = $8 \times \frac{1}{8}$ = 1 ایٹم

(ii) ایک جسم مرکزی ایٹم = 1   1 = 1 ایٹم

∴ اس لیے فی یونٹ سیل ایٹموں کی مجموعی تعداد = 2 ایٹم

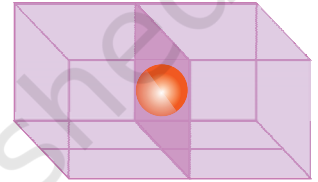
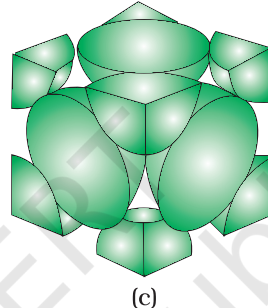
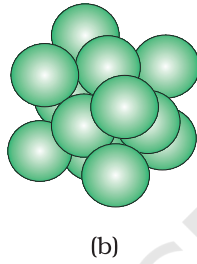
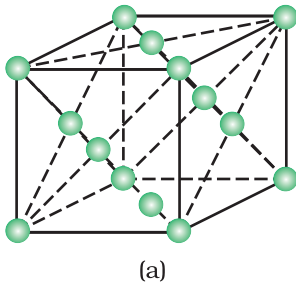
1.5.3 رخ مرکزی مکعبی یونٹ سیل (Face-Centred Cubic Unit Cell)

ایک چہرہ مکعبی (fcc) یونٹ سیل ان ایٹموں پر مشتمل ہوتا ہے جو مکعب کے تمام چہروں کے مرکز اور کارنروں پر ہوتے ہیں۔ شکل 1.15 میں دیکھا جا سکتا ہے کہ چہرہ۔مرکز (Face-centre) پر واقع ہر ایٹم دو ہمسایہ یونٹ سیلز کے درمیان بٹا ہوتا ہے اور ہر ایٹم $\frac{1}{2}$ ایک یونٹ سیل سے متعلق ہوتا ہے۔ شکل 1.16 (a) کھلی ساخت (b) جگہ پُر کرنے والا ماڈل اور (c) یونٹ سیل اور ایٹموں کے ان حصوں کو دکھاتی ہے جو حقیقت میں اس سے تعلق رکھتے ہیں۔

اس طرح ایک رخ۔مرکزی مکعبی (fcc) یونٹ سیل میں:

(i) 8 کارنر ایٹم $\frac{1}{8}$ ایٹم فی یونٹ سیل = $8\times\frac{1}{8}$ = 1 ایٹم

(ii) 6 رخ۔مرکزی ایٹم $\frac{1}{2}$ ایٹم فی یونٹ سیل = $6\times\frac{1}{2}$ = 3 ایٹم

∴ فی یونٹ سیل ایٹموں کی مجموعی تعداد = 4 ایٹم

شکل 1.15: یونٹ سیل کے رخ ۔ مرکز پر ایک ایٹم دو یونٹ سیلز میں بٹا ہوتا ہے۔

شکل 1.16: ایک رخ مرکزی مکعبی یونٹ سیل (a) کھلی ساخت (b) جگہ پر کرنے والی ساخت (c) ایک یونٹ سیل سے تعلق رکھنے والے ایٹموں کے حقیقی حصہ

متن پر مبنی سوالات

1.10 'جالی کے نقطے' کی اہمیت بتائیے۔

1.11 ایک یونٹ سیل کے مخصوص پیرا میٹرس کو بتائیے۔

1.12 مندرجہ ذیل کے درمیان فرق واضح کیجیے:

(i) شش گوشی اور یک رخی (Mono Clinic) یونٹ سیلز

(ii) چہرہ۔مرکزی اور ختم۔مرکزی (End-centred) یونٹ سیلز

1.13 واضح کیجیے کہ (a) ایک مکعبی یونٹ سیل کے جسم۔مرکز پر اور (b) کارنر پر واقع ایک ایٹم کا کتنا حصہ اپنے ہمسایہ یونٹ سیل کا حصہ ہوتا ہے۔

1.6 قریب قریب بندھی ہوئی ساختیں (Close Packed Structures)

ٹھوسوں میں، ترکیبی ذرات بہت قریب قریب بندھے ہوتے ہیں اور ان کے درمیان خالی جگہ کم ترین ہوتی ہے۔ ہم ترکیبی ذرات کو یکساں سخت گولے (Indentical Hard Spheres) کہہ سکتے ہیں اور تین اقداموں میں تین ابعادی ساخت بنا سکتے ہیں۔

(a) ایک بُعد میں قریب قریب پیکنگ

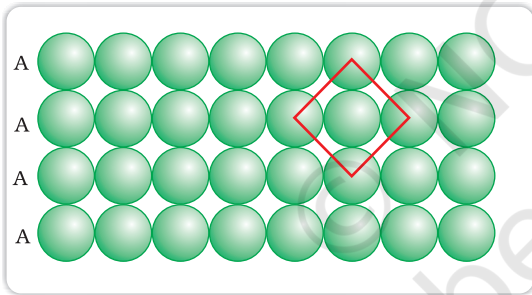
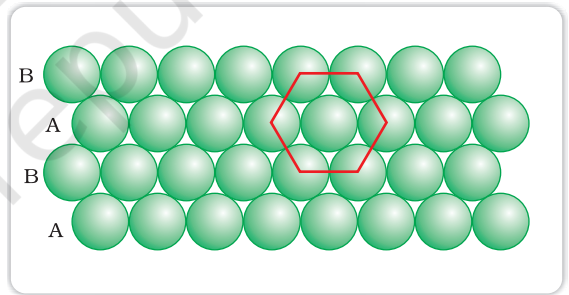
ایک یک بُعدی قریب قریب پیکنگ ساخت میں، گولوں کو ترتیب دینے کا صرف ایک ہی طریقہ ہے۔ اور وہ طریقہ ان کو ایک ہی قطار میں اس طرح ترتیب دینے کا ہے اس طرح کہ وہ ایک دوسرے کو چھوتے رہیں۔ (شکل 1.17)

شکل **1.17**: ایک بُعد میں گولوں کی قریب قریب پیکنگ

اس ترتیب میں، ہر گولا اپنے دو پڑوسیوں سے جڑا ہوتا ہے۔ کسی ذرے کے قریب ترین ہمسایوں کی تعداد کو کوآرڈی نیشن نمبر (Co ordination Number) کہا جاتا ہے۔ اس طرح، ایک یک بُعدی قریب قریب بندھی ترتیب میں، کوآرڈی نیشن نمبر 2 ہوتا ہے۔

(b) دو ابعاد میں قریب قریب پیکنگ (Close Packing in Two Dimensions)

دوابعادی قریب قریب پیکنگ والی ساخت کو قریب قریب پیک شدہ گولوں کی قطاروں میں رکھ کر بنایا جاسکتا ہے۔ یہ کام دو طریقوں سے کیا جاسکتا ہے۔

(i) دوسری قطار کو پہلی قطار سے مس کر کے اس طرح رکھا جائے کہ دوسری قطار کے گولے ٹھیک پہلی قطار کے گولوں کے اوپر ہوں۔ دونوں قطاروں کے گولے عمودی اور افقی دونوں طریقوں سے قطار میں ہوں۔ اگر ہم پہلی قطار کو ''A ٹائپ قطار'' کہیں تو دوسری قطار بھی بالکل پہلی قطار کی طرح ہوگی اور وہ بھی ''A ٹائپ'' ہوگی۔ اس طرح ہم ترتیب کی AAA ٹائپ قطاروں کو حاصل کرنے کے لیے اور قطاریں بڑھا سکتے ہیں۔ دیکھیے شکل 1.18(a)

(a)

(b)

شکل **1.18**: (a) مربع نما قریبی پیکنگ (b) دو ابعاد میں گولوں کی شش گوشی قریبی پیکنگ۔

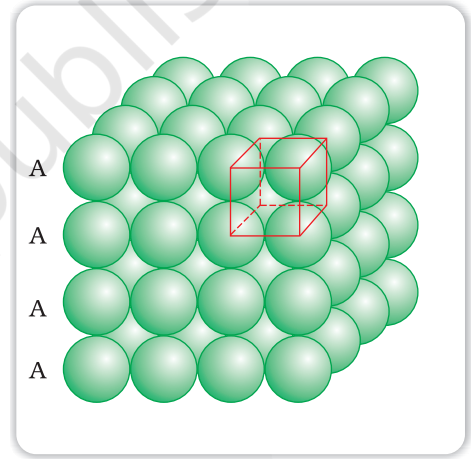
اس ترتیب میں ہر گولا اپنے چار پڑوسیوں کے تماس میں ہے۔ اس طرح دو ابعادی ہم ربط عدد (Coordination Number) 4 ہوتا ہے۔ پھر اگر ان چاروں قریبی ہمسایوں کے مرکز جڑے ہوں تو ایک مربع بن جاتا ہے۔ اسی لیے اس پیکنگ کو دوابعادی مربع نما قریبی پیکنگ کہا جاتا ہے۔

(ii) دوسری قطار کو پہلی قطار کے اوپر ایک لغزیدہ (Staggared) طریقے سے اس طرح رکھنا چاہیے تا کہ اس کے گولے پہلی قطار کے جوف (Depression) میں فٹ ہو جائیں۔ اگر پہلی قطار میں گولوں کی ترتیب کو A ٹائپ کیا جائے تو دوسری قطار میں یہ ترتیب مختلف ہوگی اور اس کو B ٹائپ کہا جائے گا۔ اور جب تیسری قطار کو دوسری قطار کی ہمسائیگی میں ایک (Staggered) طریقہ پر رکھا جائے گا تو اس کے گولے پہلی پرت کے

گولوں کی قطار میں ہوں گے اس طرح یہ پرت بھی A ٹائپ کی ہوگی۔ پھر اس طرح رکھی گئی چوتھی قطار کے گولے بھی دوسری قطار کے گولوں کی قطار (B ٹائپ) میں ہوں گے۔ اس طریقے پر یہ ترتیب ABAB ٹائپ کی ہوگی۔ اس طرح میں آزاد جگہ کم ہوگی اور مربع نما قریبی پیکنگ کی بہ نسبت یہ پیکنگ زیادہ کارآمد (Efficient) ہوگی۔ ہر گولا اپنے پڑوسیوں میں سے چھ پڑوسیوں کے قاس میں ہوگا۔ اور دوالعبادی کوآرڈی نیشن نمبر 6 ہوگا۔ ان 6 گولوں کے مرکز ایک باقاعدہ شش گوشی کے کارنر ہوں گے۔ (شکل (b)1.18) اس پیکنگ کو دوابعادی شش گوشی قریبی پیکنگ کہا جاتا ہے۔ دیکھیے شکل ((b)1.18) دیکھیے پہلی شکل میں کچھ جگہیں خالی ہیں اور خالی جگہیں شکل میں مستطیل نما ہیں۔ مستطیل نما خالی جگہیں دو منتقف ٹائپ کی ہیں۔ مستطیلوں کی اوپری پرت (Apex) اوپر کی طرف اور نچلی پرت نیچے کی طرف اشارہ کرتی ہے۔

(c) تین ابعاد میں قریبی پیکنگ (Close Packing in Three Dimension)

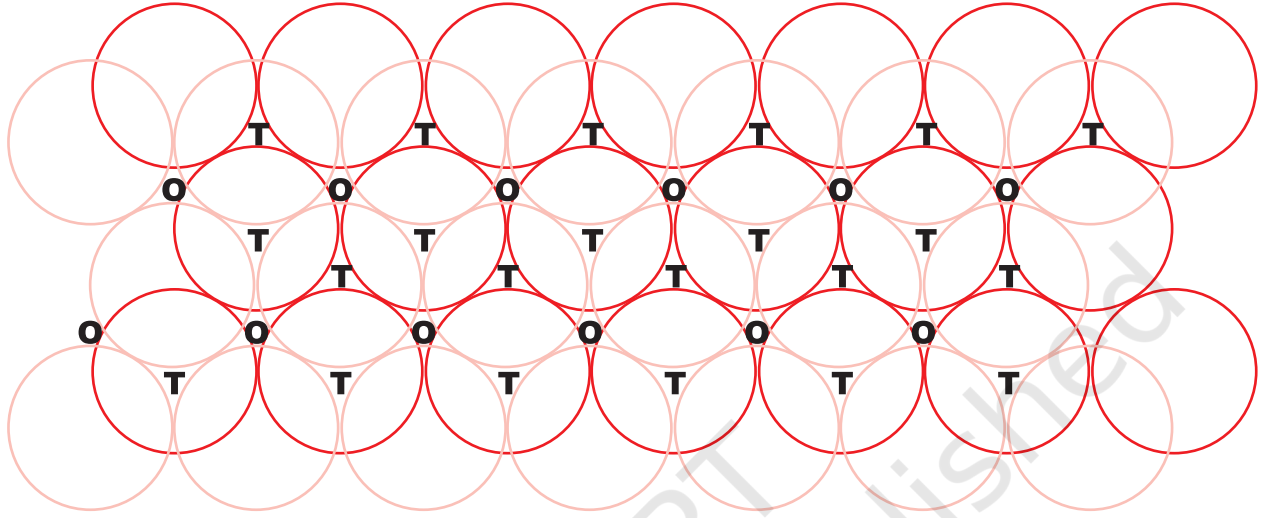
تمام حقیقی ساختیں تین ابعادی ساختیں ہوتی ہیں۔ ان ابعادی پرتوں کو ایک دوسرے پر رکھنے سے یہ ساختیں حاصل ہوتی ہیں۔ پچھلے سیکشن میں ہم نے دو ابعادی قریبی پیکنگ پر بحث کی ہے۔ یہ دوابعادی قریبی پیکنگ دو ٹائپ کی تھی ایک مربع نما اور دوسری شش گوشی قریبی پیکنگ۔ اب ہمیں یہ دیکھنا ہے کہ تین ابعادی قریبی پیکنگ کے کون سے ٹائپ ان سے حاصل ہو سکتے ہیں۔

(i) دوابعادی مربع نما قریبی پیکنگ والی پرتوں سے تین ابعادی قریبی پیکنگ:
جب ہم دوسری قریبی پیکنگ والی مربع نما پرت کو پہلی کے اوپر رکھتے ہیں تو ہم اس اصول کی تقلید کرتے ہیں جس کی تقلید اس وقت کی جاتی ہے جب ایک قطار کو دوسری قطار کے متصل (Adjacent) رکھا جاتا ہے۔ دوسری پرت، پہلی پرت کے اوپر اس طرح رکھی جاتی ہے کہ اوپری پرت کے گولے پہلی پرت کے گولوں کے اوپر ہوتے ہیں۔ اس ترتیب میں دونوں پرتوں کے گولے مکمل طریقے سے افقی طور پر قطاروں میں ہوتے ہیں اور عمودی طور پر بھی (دیکھیے شکل 1.19) اسی طرح ہم ایک کے اوپر ایک اور پرتیں بھی رکھ سکتے ہیں۔ اگر پہلی پرت کے گولوں کی ترتیب A ٹائپ کہلاتی ہے تو تمام پرتوں کی ترتیب اسی طرح ہوگی اس طرح کا پیٹرن ٹائپ AAA ہوگا۔ اور اس طرح جو جالی بنے گی وہ سادہ مکعبی جالی ہوگی اور اس کا اکائی خلیہ ابتدائی مکعبی اکائی خلیہ (دیکھیے شکل 1.19)

شکل 1.19: AAA ترتیب کے ذریعہ بنائی گئی سادہ مکعبی جالی۔

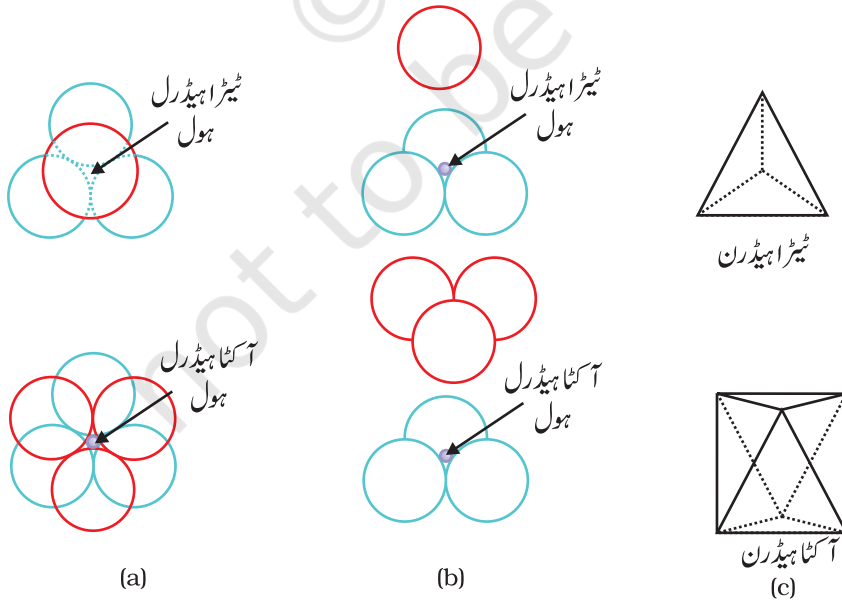
(ii) دو ابعادی شش گوشی قریبی پیکنگ والی پرتوں سے تین ابعادی قریبی پیکنگ: تین ابعادی قریبی پیکنگ والی ساخت، پرتوں کو ایک دوسرے پر رکھ کر بنائی جا سکتی ہے۔

(a) پہلی پرت پر دوسری پرت رکھ کر

ہم ایک دوابعادی شش گوشی قریبی پیکنگ والی پرت A کو لیتے ہیں اور اس کے اوپر ایسی ہی ایک اور پرت اس طرح رکھتے ہیں کہ دوسری پرت کے گولے پہلی پرت کے جوف (Depression) میں رکھے جائیں۔ کیونکہ دونوں

پرتوں کے گولے مختلف قطاروں میں ہیں اس لیے ہم دوسری پرت کو B کہیں گے۔شکل 1.20 کو دیکھیے کہ پہلی پرت کے تمام مستطیل نما خلا (Voids) دوسری پرت کے گولوں سے ڈھکے ہوئے ہیں اس سے مختلف پرتیں پیدا ہوتی ہیں۔جب کبھی دوسری پرت کا گولا پہلی پرت کے خلا کے اوپر ہوتا ہے (یا اس کے برعکس ہوتا ہے) تو ایک چوپہلو خلا بن جاتا ہے۔

شکل **1.20** : قریبی پیکنگ والے گولوں کی دو پرتیں اور ان میں پیدا شدہ خلا

T = Tetrahedral (چوپہلو) O = Octahedral (ہشت پہلو)

ان خلاؤں کو چوپہلو خلا کہا جاتا ہے کیونکہ ایسا چوپہلو خلا اس وقت بنتا ہے جب ان چاروں گولوں کے مرکز مل جائیں۔شکل 1.20 میں ان کو T سے دکھایا گیا ہے۔ایسا ہی ایک خلا جداگانہ طریقے سے شکل 1.21 میں دکھایا گیا ہے۔

شکل **1.21** : چوپہلو اور ہشت پہلو خلائیں۔ (a) اوپر سے منظر (b) ترقی ہوئے پہلو کا منظر اور (c) خلا کی جیومیٹریکل شکل۔

دوسری جگہوں پر دوسری پرت کے مستطیل نما خلا پہلی پرت کے مستطیل نما خلا کے اوپر ہیں اور ان کی مستطیل نما شکلیں ایک دوسرے پر چڑھتی نہیں ہیں۔ ان میں سے ایک خلا مستطیل نما کی اوپری پرت (Apex) ہوتی ہے جو اوپر کی طرف اشارہ کرتی ہے جبکہ دوسری نیچے کی طرف اشارہ کرتی ہیں۔ ان خلاؤں کو شکل 1.20 میں 'O' کے طور پر دکھایا گیا ہے۔ ایسے خلا چھ گولوں سے گھرے ہوتے ہیں اور ان کو ہشت پہلو (Octohedral Voids) کہا جاتا ہے۔ ایسا ہی ایک خلا شکل 1.21 میں جدا طور پر دکھایا گیا ہے۔ ان دونوں ٹائپ کے خلاؤں کی تعداد قریبی پیک شدہ گولوں کی تعداد پر منحصر ہوتی ہے۔

فرض کیجیے قریبی پیک شدہ گولوں کی تعداد N ہے، تو

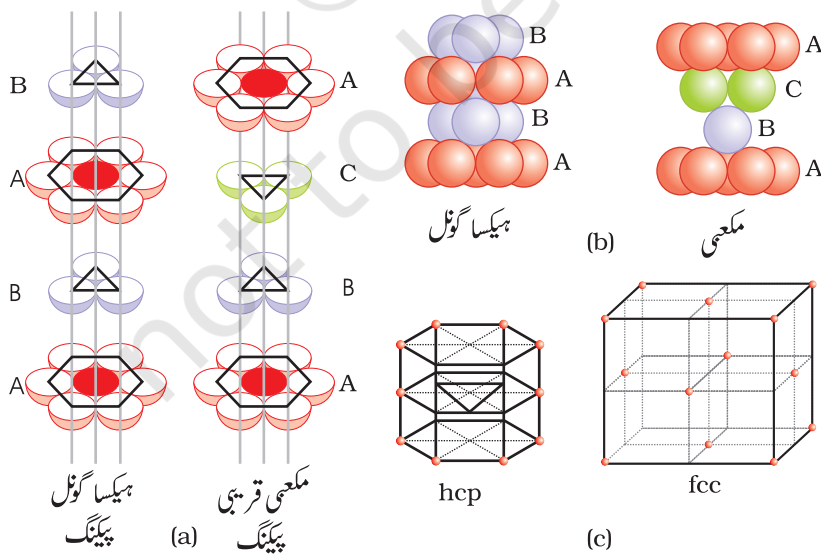
ہشت پہلو خلاؤں کی بننے والی تعداد $= N$

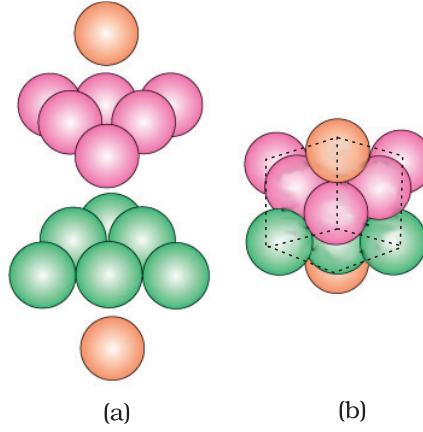
بننے والی چو پہلو خلاؤں کی تعداد ہوگی $= 2N$

(b) دوسری پرت پر تیسری پرت رکھنا

(Placing third Layer over the Second Layer)

جب تیسری پرت دوسری پرت پر رکھی جاتی ہے تو دو باتیں ممکن ہوتی ہیں۔

(i) چو پہلو خلائوں کا ڈھک جانا۔ دوسری پرت کو چوضلعی خلا تیسری پرت کے گولوں سے ڈھکے ہو سکتے ہیں۔ ایسی صورت میں تیسری پرت کے گولے ٹھیک پہلی پرت کے گولوں کی قطار میں ہیں۔ اس طرح گولوں کے پیٹرن (Pattern) کی تکرار متبادل پرتوں (Alternate Layers) میں ہوتی ہے۔ اس پیٹرن کو اکثر ABAB لکھا جاتا ہے۔ اس ساخت کو شش گولی قریبی پیک شدہ (hcp) ساخت کہا جاتا ہے۔ (شکل 1.22) ایٹموں کی اس قسم کی ترتیب میگنیشیم اور زنک جیسی بہت سی دھاتوں میں پائی جاتی ہے۔

شکل 1.22
(a) شش گوشی مکعبی قریبی پیکنگ (hcp) کا ترقیرہ منظر (Exploded View) جو گولوں کی پرتوں کے تلا اوپر ہونے کو دکھاتا ھے۔

شکل 1.23 :
(a) هشت پہلو خلا کے ڈھکا ہونے کی صورت میں پرتوں کی ...... ABC ABC ترتیب (b) اس ترتیب سے تشکیل شدہ ساخت کا حصہ جس کے نتیجے میں مکعبی قریبی پیکنگ والی (CCP) یا چہرہ مرکزی مکعبی (FCC) ساخت بنتی ہے۔

(ii) ہشت پہلو خلائوں کا ڈھکا ہونا (Covering Octahedral Voids) تیسری پرت کو دوسری پرت پر اس طرح رکھا جا سکتا ہے کہ اس کے گولے ہشت پہلو خلاؤں کو ڈھک لیں۔ جب تیسری پرت کو دوسری پرت پر اس طرح رکھا جائے گا تو تیسری پرت کے گولے نہ تو پہلی پرت کی قطار میں ہوں گے اور نہ ہی دوسری پرت کی قطار میں۔ اس ترتیب کو C ٹائپ کہا جاتا ہے۔ ہاں جب چوتھی پرت رکھی جائے گی تب گولے پہلی پرت کے گولوں کی قطار میں ہوں گے۔ (دیکھیے شکل 1.22 اور شکل 1.23) پرتوں کے اس پیٹرن (Pattern) کو ......ABC ABC لکھا جاتا ہے۔ اس ساخت کو مکعبی قریب پیکنگ (CCP) یا چہرہ مرکزی مکعبی (FCC) ساخت کہا جاتا ہے۔ کاپر اور سلور جیسی دھاتیں اس طریقے پر قلماؤ ہوتی ہیں۔

لیکن قریبی پیکنگ کے یہ ٹائپ اونچے درجے کے کارگر (Efficient) ہوتے ہیں اور قلمکی 74% جگہ کو بھرتے ہیں۔ ان میں سے ہر ایک میں ایک گولا بارہ گولوں کے تماس (Contact) میں ہوتا ہے۔ اس طرح ان میں سے ہر ایک ساخت میں کوآرڈی نیشن نمبر (Coordination Number) 12 ہوتا ہے۔

1.6.1 کسی مرکب کا فارمولا اور بھرے ہوئے خلاؤں کی تعداد (Formula of a Compound and Number of Voids Filled)

اس سیکشن میں اس سے قبل ہم نے یہ سیکھا ہے کہ جب ذرات کی پیکنگ قریب ہوئی ہے اور نتیجتاً ان کی ساخت CCP یا hcp ہوتی ہے تو دو قسم کے خلا پیدا ہوتے ہیں۔ اس صورت میں جب کہ جالی میں موجود ہشت پہلو خلاؤں کی تعداد قریبی پیکنگ والے ذرات کی تعداد کے مساوی ہوتی ہے، تو پیدا شدہ چو پہلو خلاؤں کی تعداد دوگنی ہوتی ہے۔ ایونک ٹھوسوں میں بڑے آین (عام طور پر این آئن) قریبی پیکنگ والی ساخت کی تشکیل کرتے ہیں اور چھوٹے آئن (عام طور پر کیٹائن) خلاؤں کی جگہ لے لیتے ہیں۔ اگر موخرالذکر آین بہت چھوٹے ہیں تو چو پہلو خلاؤں کی جگہ گھر جاتی ہے اور اگر ذرا بڑے ہیں تو ہشت پہلو خلاؤں کی جگہ گھر جاتی ہے۔ کسی مرکب (Compound) میں ان ہشت پہلو یا چو پہلو خلاؤں کا حصہ جن کی جگہ گھر جاتی ہے، کمپاؤنڈ کے کیمیائی فارمولے پر منحصر ہے۔ اس بات کو مندرجہ ذیل مثالوں سے سمجھا جا سکتا ہے۔

مثال 1.1

دو عناصر X اور Y سے کسی مرکب کی تشکیل ہوتی ہے۔ عنصر Y اور کے ایٹم (این آئن کے روپ میں) CCP بناتے ہیں اور عنصر X کے ایٹم (کیٹائن کے روپ) ہشت پہلو خلاؤں کی جگہ گھیرتے ہیں۔ بتائیے کمپاؤنڈ کا فارمولہ کیا ہے؟

حل

خالی CCP کی تشکیل عنصر Y سے ہوتی ہے۔ پیدا شدہ ہشت پہلو خلاؤں کی تعداد اس میں موجود Y ایٹموں کی تعداد کے مساوی ہوتی ہے۔ چونکہ عنصر X کے ایٹم ہشت پہلو خلاؤں کی جگہ گھیر لیتے ہیں اس طرح ان کی تعداد بھی عنصر Y کے ایٹموں کی تعداد کے مساوی ہوتی ہے۔ اس طرح عناصر X اور Y کے ایٹم مساوی تعداد میں یا 1:1 نسبت میں موجود ہوتے ہیں۔ اس سے کمپاؤنڈ کا فارمولا XY ہے۔

مثال 1.2

عنصر B کے ایٹم hcp جالی بناتے ہیں اور عنصر A کے ایٹم چو پہلو خلاؤں کا $\frac{2}{3}$ حصہ گھیر لیتے ہیں۔ عناصر A اور B کے ذریعہ تشکیل شدہ کمپاؤنڈ کا فارمولا ہے؟

حل

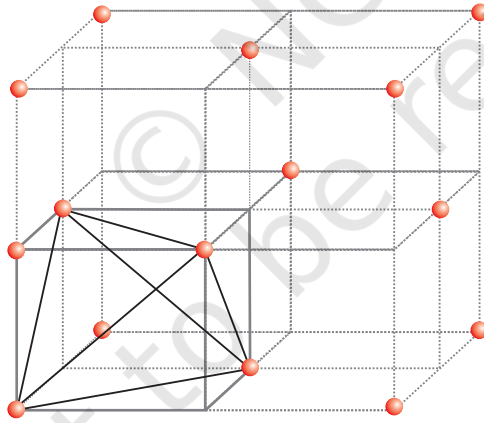
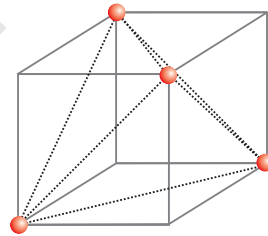
تشکیل شدہ چو پہلو خلاؤں کی تعداد عنصر B کے ایٹموں کی تعداد کے دوگنے کے برابر ہوگی اور عنصر A کے ایٹم ان کے $\frac{2}{3}$ تہائی حصے کو گھیر لیں گے۔ اس طرح عناصر A اور B کی تعداد کی نسبت 2(2/3):1 یا 4:3 ہوگی اور کمپاؤنڈ کا فارمولا $A_4 B_3$ ہوگا۔

چوپہلو اور ہشت پہلو خلاؤں کا معلوم کرنا (Locating Tetrahedral and Octahedral Voids)

ہم یہ جانتے ہیں کہ قریبی پیکنگ والی ساختوں میں خلا چوپہلو یا ہشت پہلو ہوتے ہیں۔ ہم CCP (یا FCC) ساخت کو لیتے ہیں اور اس میں ان خلاؤں کا پتہ لگاتے ہیں۔

(a) چوپہلو خلاؤں کا پتہ لگانا۔

ہم CCP یا FCC جالی کے ایک یونٹ سیل پر غور کرتے ہیں (دیکھیے شکل (a)) یہ یونٹ سیل آٹھ چھوٹے مکعبوں میں منقسم ہے۔

ہر چھوٹے مکعب کے ایٹم متبادل کارنروں (Alternate Corners) پر ہیں (دیکھیے شکل (a)) ہر چھوٹے مکعب میں چار ایٹم ہیں۔ جب یہ ایک دوسرے سے متصل ہوتے ہیں تو ایک باقاعدہ چوپہلو (Tetra hedron) بناتے ہیں۔ اس طرح ہر چھوٹے مکعب میں ایک چوپہلو خلا ہوتا ہے اور مجموعی طور پر آٹھ چوپہلو خلا ہوتے ہیں۔ CCP ساخت کے ہر یونٹ سیل میں آٹھوں چھوٹے مکعبوں کا ایک خلا ہوتا ہے۔ اس طرح چوپہلو خلاؤں کی تعداد ایٹموں کی تعداد کا دوگنا ہوتی ہے۔

(a)

(b)

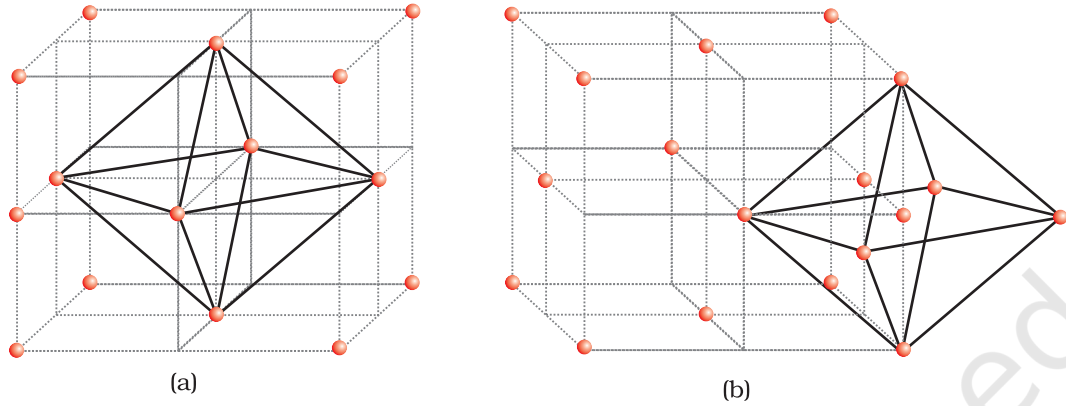
شکل 1: (a) CCP ساخت ہر یونٹ سیل میں آٹھ چوپہلو خلا (b) ایک چوپہلو خلا جیومیٹری دکھاتا ہے۔

(b) ہشت پہلو خلاؤں کا پتہ لگانا۔

ہم CCP یا FCC جالی کے ایک یونٹ سیل پر پھر غور کرتے ہیں (دیکھیے شکل 2(a)) مکعب C کے جسمی مرکز (Body Centre) کی جگہ بھری ہوئی نہیں ہے لیکن رُخ مرکزوں (Face Centres) پر وہ چھ ایٹموں سے گھرا ہوا ہے۔ اگر یہ رُخ مرکز (Face Centres) متصل ہوجائیں تو ایک ہشت پہلو بن جاتا ہے۔ اس طرح مکعب کے جسمی مرکز (Body Centre) پر اس یونٹ سیل کا ایک ہشت پہلو خلا

ہوگا۔ جسمی مرکز کے علاوہ ہر تمام بارہ کناروں کے مرکز پر ایک ہشت پہلو خلا ہوگا۔ (دیکھئے شکل (b)2) یہ چھ ایٹموں سے گھرا ہوگا۔ ان میں تین کا تعلق اس یونٹ سیل سے ہوگا (2 کارنروں پر اور ایک رُخ مرکز پر) اور تین کا تعلق پڑوسی یونٹ سیلوں سے ہوگا۔ چونکہ ہر مکعب کا کنارہ چار پڑوسی یونٹ سیلوں کے درمیان بٹا ہوتا ہے اس لیے ہشت پہلو خلا بھی اس پر واقع ہوگا۔ ہر خلا کا صرف 1/4 چوتھا حصہ ایک مخصوص یونٹ سیل سے تعلق رکھتا ہے۔

(a)

(b)

شکل 2: CCP یا شکل FCC جالی کے ایک یونٹ سیل ہشت پہلو خلاؤں کا وقوع (a) مکعب کے جسمی مرکز (Body Centre) اور (b) ہر کنارے کے مرکز پر (یہاں صرف ایک خلا دکھایا گیا ھے)

اس طرح ہر مکعبی قریبی پیک شدہ ساخت میں:

مکعب کے جسمی مرکز پر ہشت پہلو خلا = 1

ہر کنارے پر واقع چار یونٹ سیلوں میں بٹے 12 ہشت پہلو خلا

$$12 \times \frac{1}{4} = 3$$

∴ ہشت پہلو خلاؤں کی کل تعداد = 4

ہم جانتے ہیں کہ CCP ساخت میں ہر یونٹ سیل کے 4 ایٹم ہوتے ہیں اس طرح ہشت پہلو خلاؤں کی تعداد اس تعداد کے مساوی ہوتی ہے۔

1.7 پیکنگ کارکردگی (Packing Efficiency)

تشکیلی ذرات (ایٹم سالمات یا آین) کسی بھی طور پر پیک ہوں وہاں خلاؤں کی شکل میں کچھ نہ کچھ خالی جگہ (Free Space) ہمیشہ ہوگی۔ پیکنگ کارکردگی کے ذرات کے ذریعے بھری جانے والی مجموع جگہ کا فیصد ہوتا ہے۔ اب ہم مختلف قسم کی ساختوں میں پیکنگ کارکردگی (Efficiency) کی تحسیب کرتے ہیں۔

1.7.1 hcp اور ccp ساختوں میں پیکنگ کی کارکردگی

دونوں ٹائپ کی قریبی پیکنگ (hcp اور ccp) مساوی طور پر کارگر (Efficient) ہوتی ہے۔ پہلے ہم ccp ساخت میں پیکنگ کی کارکردگی کا حساب لگاتے ہیں۔ شکل 1.24 میں یونٹ سیل کے کنارے کے لمبائی مان لیجیے 'a' ہے اور

b=Face Diagonal Ac

شکل **1.24**: مکعبی وضاحت کے خیال سے قریبی پیکنگ کی دوسری اطراف گولوں کے ساتھ نہیں دی گئی ھیں۔

$$AC^2 = b^2 = BC^2 + AB^2$$

$$= a^2 + a^2 = 2a^2 \text{ or}$$

$$b = \sqrt{2}a$$

اگر گولے کا قطر r ہے تو ہمیں علم ہوجاتا ہے

$$b = 4r = \sqrt{2}a$$

یا $a = \dfrac{4r}{\sqrt{2}} = 2\sqrt{2}r$

ہم اس طرح بھی لکھ سکتے ہیں $r = \dfrac{a}{2\sqrt{2}}$

ہم جانتے ہیں کہ ccp ساخت میں ہر یونٹ سیل کے موثر طور پر چار گولے ہوتے ہیں چاروں گولوں کا مجموعی حجم $4\times(4/3)\pi r^3$ اور مکعب کا حجم = a^3 or $\left(2\sqrt{2}r\right)^3$

اس لیے

$$\text{پیکنگ کارکردگی} = \frac{\text{یونٹ سیل میں موجود چاروں گولوں کے ذریعہ گھیرا گیا حجم}\times 100}{\text{یونٹ سیل کا کل حجم}}\%$$

$$= \frac{4\times(4/3)\pi r^3\times 100}{\left(2\sqrt{2}r\right)^3}\%$$

$$= \frac{(16/3)\pi r^3\times 100}{16\sqrt{2}r^3}\% = 74\%$$

1.7.2 جسم مرکزی مکعبی ساختوں میں پیکنگ کی کارکردگی (Efficiency of Packing in Body-Centred Cubic Structures)

شکل 1.25 سے یہ بات واضح ہوجاتی ہے کہ مرکز پر ایٹم ان دونوں دوسرے ایٹموں سے ملا ہوا رہتا ہے جن کی ترتیب وتری (Digonal) ہوتی ہے۔

In Δ EFD,

$$b^2 = a^2 + a^2 = 2a^2$$

$$b = \sqrt{2}a$$

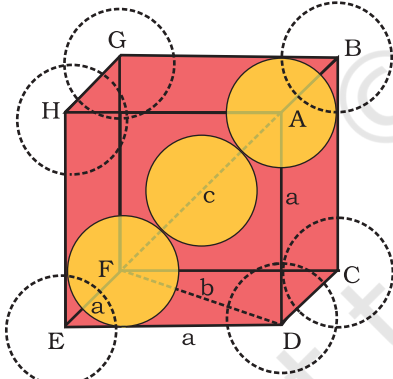
اب Δ AFD میں

$$c^2 = a^2 + b^2 = a^2 + 2a^2 = 3a^2$$

$$c = \sqrt{3}a$$

جسمی وتر (Body Diagonal) C, 4r کے مساوی ہے جب کہ r گولے (ایٹم) کا قطر ہے کیونکہ تینوں گولے وِتر کے ساتھ ساتھ ایک دوسرے کو چھوتے ہیں۔

اس لیے $\sqrt{3}a = 4r$

$$a = \frac{4r}{\sqrt{3}}$$

شکل **1.25**: جسم مرکزی مکعبی یونٹ سیل (گولے مع وِتر (Digonal کے ٹھوس Body) حدود (Solid Boundaries) کے ساتھ دکھائے گئے ھیں)

ہم اس طرح بھی لکھ سکتے ہیں $r=\frac{\sqrt{3}}{4}a$

اس ٹائپ کی ساخت میں ایٹموں کی کل تعداد 2 ہوتی ہے اور ان کا حجم $2\times\left(\frac{4}{3}\right)\pi r^3$ ہوتا ہے۔

مکعب a^3 کا حجم $\left(\frac{4}{\sqrt{3}}r\right)^3$ یا $a^3=\left(\frac{4}{\sqrt{3}}r\right)^3$ کے مساوی ہوگا۔

اس لیے

$$\text{پیکنگ کارکردگی} = \frac{\text{یونٹ سیل میں موجود چاروں گولوں کے ذریعہ گھیرا گیا حجم}\times 100}{\text{یونٹ سیل کا کل حجم}}\%$$

$$=\frac{2\times(4/3)\pi r^3\times 100}{\left[(4/\sqrt{3})r\right]^3}\%$$

$$=\frac{(8/3)\pi r^3\times 100}{64/(3\sqrt{3})r^3}\% = 68\%$$

1.7.3 سادہ مکعبی جالی میں پیکنگ کی کارکردگی (Packing Efficiecy in Simple Cubic Lattice)

ایک سادی مکعبی جالی میں ایٹم صرف مکعب کے کارنروں پر واقع ہوتے ہیں اور ذرات کنارے کے ساتھ ساتھ ایک دوسرے کو چھوتے ہیں۔ (شکل 1.26) اس طرح کنارے کی لمبائی یا مکعب کی سائڈ 'a' اور ہر ذرے کا قطر r اس طرح مربوط ہوتے ہیں

$a=2r$

یونٹ سیل کا حجم $a^3=(2r)^3=8r^3$

چونکہ ایک سادا یونٹ سیل میں صرف 1 ایٹم ہوتا ہے

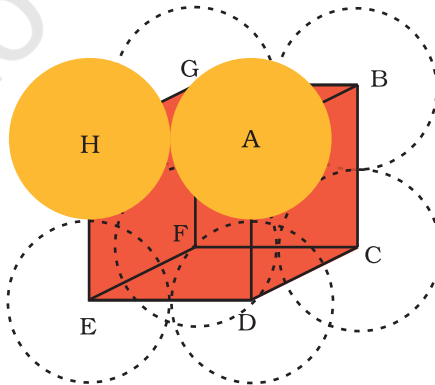
مقبوضہ (Occupied) جگہ کا حجم $=\frac{4}{3}\pi r^3$

$\therefore$ پیکنگ کارکردگی =

$$=\frac{\text{ایک ایٹم کا حجم}}{\text{مکعبی یونٹ سیل کا حجم}}\times 100\%$$

$$=\frac{\frac{4}{3}\pi r^3}{8r^3}\times 100=\frac{\pi}{6}\times 100$$

$$=52.36\%=52.4\%$$

اس طرح ہم یہ نتیجہ نکال سکتے ہیں کہ ccp اور hcp ساختوں کی پیکنگ کارکردگی زیادہ سے زیادہ ہوتی ہے۔

شکل **1.26**: سادا مکعبی یونٹ سیل۔ گولے مکعب کے تمام کنارے کے ساتھ ساتھ ایک دوسرے کے تماس میں ہیں

1.8 تحسیب جس میں یونٹ سیل ابعاد شامل ہیں (Calculations Involving Unit Cell Dimensions)

یونٹ سیل ابعاد سے، یونٹ سیل کے حجم کی تحسیب (Calculation) ممکن ہے۔ اگر دھات کی کثافت معلوم ہے تو ہم یونٹ سیل میں ایٹموں کی کمیت کی تحسیب کر سکتے ہیں۔ ایک تنہا ایٹم کی کمیت کے تعین سے ہمیں ایووگیڈرو مستقل (Avogadro Constant) کے تعین کا ٹھیک ٹھیک طریقہ معلوم ہوسکتا ہے۔ فرض کر لیجیے ایک مکعبی قلم کے یونٹ سیل کے کنارے کے لمبائی (Edge Length) جسے ایکسرے انکسار (X-ray Diffraction) کے ذریعہ متعین کیا گیا a ہے، ٹھوس شے (Substance) کی کثافت d ہے اور مولر ماس (Molar Mass) m ہے۔ ایک مکعبی قلم کے معاملے میں:

ایک یونٹ سیل کا حجم = a^3

یونٹ سیل کی کمیت = ہر ایٹم کی کمیت × کمیت میں ایٹموں کی تعداد = $z \times m$

یہاں z ایک یونٹ سیل میں موجود ایٹموں کی تعداد ہے اور m ایک تنہا ایٹم کی کمیت ہے۔

یونٹ سیل میں موجود ایک ایٹم کی کمیت:

$$m = \frac{M}{N_A} \text{ (M is molar mass)}$$

اس لیے

$$\text{یونٹ سیل کی کثافت} = \frac{\text{یونٹ سیل کی کمیت}}{\text{یونٹ سیل کا حجم}}$$

$$= \frac{z.m}{a^3} = \frac{z.M}{a^3.N_A} \quad \text{or} \quad d = \frac{zM}{a^3 N_A}$$

یاد رکھیے کہ یونٹ سیل کی کثافت وہی ہے جو شے کثافت ہے۔ ٹھوس کی کثافت کو دوسرے طریقوں سے معلوم کیا جا تا ہے۔ پانچ پیرا میٹروں (d، M، z، a اور N_A) میں سے اگر کوئی سے چار معلوم ہیں تو ہم پانچویں کو معلوم کر سکتے ہیں۔

مثال 1.3

ایک عنصر کی ساخت bcc (جسم مرکزی مکعبی) ہے جس میں 288 pm سیل کی کگر (Cell Edge) ہے۔ عنصر کی کثافت $7.2 g/cm^3$ ہے عنصر کے 208 g میں کتنے ایٹم موجود ہیں۔

حل

یونٹ سیل کا حجم $= (288 \text{ pm})^3$

$= (288 10^{-12} m) = (288 10^{-10} \text{ cm})^3$

$= 2.39 10^{-23} \text{ cm}^3$

$$\text{عنصر کے 208 g کا حجم} = \frac{\text{کمیت}}{\text{کثافت}} = \frac{208g}{7.2\,g\,cm^{-3}} = 28.88\,cm^3$$

اس حجم میں یونٹ سیلوں کی تعداد

$$= \frac{28.88 cm^3}{2.39 \times 10^{-23} cm^3 / unit\ cell} = 12.08 \times 10^{23}\ unit\ Cells$$

کیونکہ ہر *bcc* مکعبی یونٹ سیل میں 2ایٹم شامل ہوتے ہیں اس لیے 208 g میں

ایٹموں کی کل تعداد= 2 (atoms/unit cell) 12.08 10^{23} unit cells

=24.16$10^{23}$ atoms.

مثال 1.4 ایکسرے انکسار(X-ray diffraciton) کا مطالعہ بتاتا ہے کہ کاپر ایک FCCیونٹ سیل میں قلماؤ ہوتا ہے جس کا سیل کگر (Cell Edge) 3.608$10^{8}$ cm کا ہوتا ہے۔ ایک دوسرے تجربہ میں کاپر کی کثافت کا تعین 8.92 g/cm3ہوتا ہے۔کاپر کی ایٹمی کمیت کی معلوم کیجیے۔

حل *fcc* جالی کی صورت میں فی یونٹ سیل، ایٹموں کی تعداد z = 4 atom

اس لیے $M = \frac{dN_A a^3}{z}$

$$= \frac{8.92\,g\ cm^{-3} \times 6.022 \times 10^{23}\ atoms\ mol^{-1} \times (3.608 \times 10^{-8}\ cm)^3}{4\ atoms}$$

=63.1 g/mol

کاپر کی ایٹمی کمیت =63.14

مثال 1.5 سلور *ccp* جالی بناتی ہے اور اس کے قلموں کا مطالعہ بتاتا ہے کہ اس کے یونٹ سیل کے کنارے کی لمبائی (Edge Length) 408.6 pm ہے سلور کی کثافت معلوم کیجیے(ایٹمی کمیت = 107.94)

حل چونکہ جالی CCP ہے، فی یونٹ سیل سلور ایٹموں کی تعداد ہے=4 = z

چاندی کی مولر کمیت = 107.9g mol^{-1} = 107.9$10^{-3}$ kg mol^{-1}

یونٹ سیل کی کناری لمبائی = a = 408.6 pm= 408.6$10^{-12}$m

کثافت $d = \frac{z.M}{a^3.N_A}$

$$= \frac{4 \times (107.9 \times 10^{-3} kg\ mol^{-1})}{(408.6 \times 10^{-12} m)^3 (6.022 \times 10^{23} mol^{-1})} = 10.5 10^{3}\ kg\ m^{-3}$$

=10.5 g cm^{-3}

متن پر مبنی سوالات

1.14 ایک مربع نما قریبی پیک شدہ پرت میں ایک سالمے کا دوابعادی کوارڈی نیشن نمبر کیا ہے؟

1.15 ایک کمپاؤنڈ، شش گوشی قریبی پیک شدہ ساخت بناتا ہے۔اس کے 0.5 mol میں خلاؤں کی مجموعی تعداد کیا ہوگی۔ ان میں سے کتنے خلا چوسطحی (Tetra Hedral) ہوں گے۔

1.16 ایک مرکب دو عناصر M اور N سے تشکیل پاتا ہے۔ عنصر N, *ccp* بناتا ہے اور M کے ایٹم چو پہلو خلاؤں کے 1/3 حصے پر قبضہ کرتے ہیں۔ کمپاؤنڈ کا فارمولا کیا ہے؟

1.17 مندرجہ ذیل جالیوں میں سے کس جالی کی پیکنگ کارکردگی سب سے اونچی ہے؟

(i) سادہ مکعبی (ii) جسم مرکزی مکعبی (iii) شش گوشی قریبی پیک شدہ جالی

1.18 ایک عنصر جس کی مولر کمیت 2.1×10^{-2} kg mol^{-1} ہے ایک مکعبی یونٹ سیل بناتا ہے جس کی گگر کی لمبائی (Edge Length) 405 pm ہے اگر اس کی کثافت 2.7×10^{3} kg^{3} ہے تو اس کے مکعبی یونٹ سیل کی نوعیت (Nature) کیا ہوگی؟

1.9 ٹھوسوں میں کمیاں (Imperfections in Solids)

قلمی ٹھوسوں کے ترکیبی ذرات کی ترتیب میں اگرچہ ان ٹھوسوں کا نظام مختصر رینج (Range) کا بھی ہوتا ہے اور طویل رینج کی بھی قلمیں کامل (Perfect) نہیں ہوتے۔ عام طور پر ایک ٹھوس چھوٹی قلموں کی بڑی تعداد کے ایک مجموعے پر مشتمل ہوتا ہے۔ ان چھوٹی قلموں (Crystals) میں نقائص (defects) ہوتے ہیں۔ ایسا اس وقت ہوتا ہے جب کرسٹلا ئزیشن کا عمل تیز یا درمیانی شرح پر وقوع پذیر ہوتا ہے۔ تنہا کرسٹل اس وقت تشکیل پاتے ہیں جب کرسٹلا ئزیشن کا عمل بہت ہی سست شرح سے وقوع پذیر ہوتا ہے۔ یہ کرسٹل بھی نقائص سے آزاد نہیں ہوتے۔ یہ نقائص بنیادی طور سے وہ بے قاعدگیاں (Irregularities) ہیں جو ترکیبی ذرات کی ترتیب میں ہوتی ہیں۔ اگر ذرا وسیع پیمانے پر کہیں تو یہ نقائص دو ٹائپ کے ہوتے ہیں ایک ان میں سے نقطی نقائص *(Point Defects)* کہلاتے ہیں اور دوسرے خطی نقائص *(Line Defects)*۔ ایک قلمی شے (Crystalline Substance) میں کسی ایٹم یا نقطے کے چاروں طرف مثالی ترتیب (Ideal Arrrangment) سے انحرافات یا بے قاعدگیوں کو نقطی نقائص کہتے ہیں جب کہ جالی کے نقطوں کی تمام قطاروں میں مثالی ترتیب سے انحرافات یا بے قاعدگیوں کو خطی نقائص کہتے ہیں۔ قلمی نقائص (Crystal Defects) کہلاتے ہیں۔ ہم اپنی بحث کو صرف نقطی نقائص (Point Defects) تک ہی محدود رکھیں گے۔

1.9.1 نقطی نقائص کی قسمیں (Types of Point Defects)

نقطی نقائص کی زمرہ بندی تین قسموں میں کی جاسکتی ہے: (i) تناسب پیمائی نقائص (Stoichiometric Defects) (ii) ملاوٹی نقائص (Impurity Defects) (iii) غیر تناسب پیمائی نقائص (Non-Stoichiomentrec Defects)

(a) **تناسب پیمائی نقائص** (Stoichiometric Defects)

یہ وہ نقطی نقائص ہیں جو ٹھوسوں کی تناسب پیمائی (Stoichiomentry) میں خلل نہیں ڈالتے۔ ان کو ذاتی (Intrinsic) یا حرکیاتی (Thermodynamic Defect) نقائص بھی کہا جاتا ہے۔ یہ بنیادی طور پر دو قسم کے ہوتے ہیں یعنی ایک خلائی نقائص (Vacancy Defects) اور دوسرے شگافی نقائص (Interstitial Defects)

(i) خلائی نقص (Vacancy Defect): جب جالی کے کچھ مقامات خالی ہوتے ہیں تو کہا جاتا ہے کہ کرسٹل میں خلائی نقص (Vacany Defect) ہے۔ (دیکھیے شکل 1.27) اس کے نتیجے میں شے (Substance)

کی کثافت میں کمی ہوتی ہے۔ یہ نقص (Defect) اس وقت بھی رونما ہوجاتا ہے جب ایک شے (Substance) کو گرم کیا جاتا ہے۔

(ii) شگافی نقص (Interstital Defect) جب کچھ ترکیبی ذرات (ایٹم یا سالمے) کسی شگافی جگہ کو گھیر لیتے ہیں تو کہا جاتا ہے کہ کرسٹل میں شگافی نقص ہے (دیکھیے شکل 1.28) یہ نقص شے کی کثافت کو بڑھا دیتا ہے۔

خلائی اور شگافی نقائص کو جن کی اوپر تشریح کی گئی ہے غیر آیونک ٹھوسوں کے ذریعے دکھایا جاسکتا ہے۔ آیونک ٹھوس برقی تعدیلیت (Electrical Neutrality) کو ہمیشہ برقرار رکھتے ہیں۔ سادہ خلائی اور شگافی نقائص سے زیادہ ایونک ٹھوس ان نقائص کو Frenkel اور Schottky نقائص کے طور پر ظاہر کرتے ہیں۔

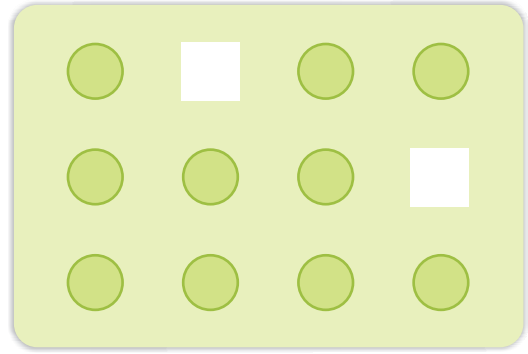
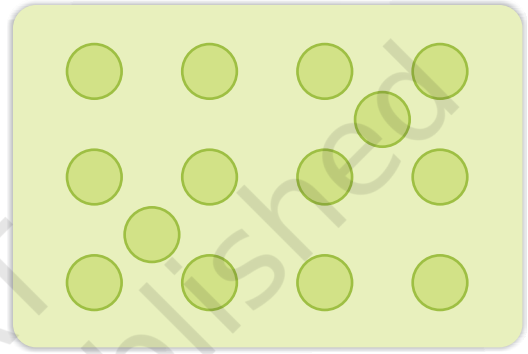
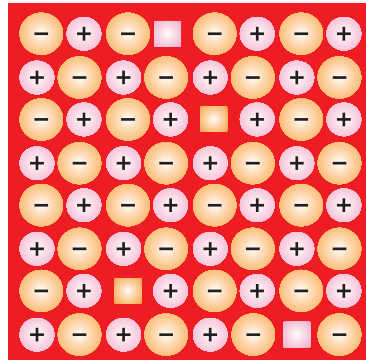
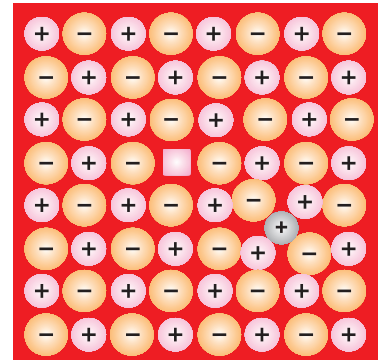
شکل **1.27**: خلائی نقائص

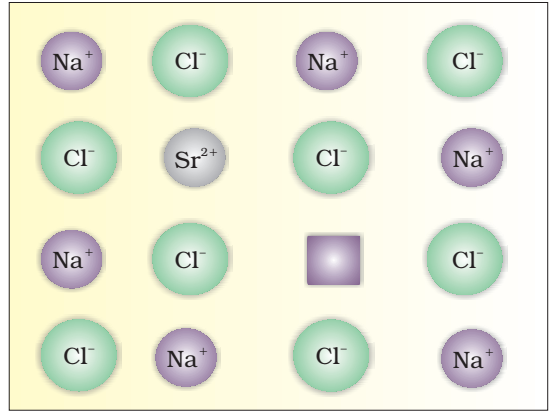
(iii) فرینکل نقص (Frenkel Defect): آیونک ٹھوس اس طرح کے نقص (Defect) کو ظاہر کرتے ہیں۔ زیادہ چھوٹا آین (عام طور پر کیٹاین) اپنی عام جگہ (Normal Site) سے ہٹ کر شگافی جگہ (Interstitial Site) لے لیتا ہے (دیکھیے شکل 1.29) اس طرح یہ اپنے اصلی محل وقوع پر خلائی نقص اور اپنے نئے محل وقوع پر شگافی نقص (Interstitial Defect) پیدا کرتا ہے۔

شکل **1.28**: شگافی نقائص

فرینکل نقص کو خلاع قلمی (Dislocation Defect) بھی کہتے ہیں۔ یہ نقص، ٹھوس کی کثافت کو تبدیل نہیں کرتا۔ فرینکل نقص آیونک شے کے ذریعے ظاہر ہوتا ہے جس میں آینوں کے سائز میں زیادہ فرق ہوتا ہے۔ مثلاً AgBr, AgCl, ZnS اور AgI جو Zn^{2+} اور Ag^{+} آینوں کے چھوٹے سائزوں کی وجہ سے ہوتا ہے۔

(iv) شاٹ کی نقص (Schottky Defect): یہ بنیادی طور پر آیونک ٹھوسوں میں ایک خلائی نقص ہے۔ برقی تعدیلیت (Electrical Neutrality) کو برقرار رکھنے کے لیے مفقود کیٹائنوں (Missing Cations) اور اینائنوں کی تعداد برابر ہوتی ہے۔ (شکل 1.30)

سارے خلائی نقص (Simple Vacancy Defect) کی طرح شاٹکی نقص (Shottky Defect) بھی شے (Substance) کی کثافت کو گھٹا دیتا ہے۔ آیونک ٹھوسوں میں ایسے نقائص کا نمبر بہت اہم ہے۔ مثال کے طور پر NaCl کمرے کے درجۂ حرارت پر تقریباً 10^6 شاٹکی جوڑے (Schottky Pairs) فی مربع cm (cm^3) ہوتے

شکل **1.30**: شاٹکی نقائص

شکل **1.29**: فرینکل نقائص

ہیں۔ $1 cm^3$ میں تقریباً 10^{22} آئن ہوتے ہیں۔ اس طرح فی 10^{16} آینوں میں ایک شاٹکی نقص ہوتا ہے۔ شاٹکی نقص ان ایونک اشیا (Substance) میں ظاہر ہوتا ہے جن میں کیٹاین اور اینایِن تقریباً یکساں سائز کے ہوتے ہیں۔ مثلاً $AgBr$، KCl، $NaCl$ اور $CsCl$ اور یہ بات یاد رکھنے کی ہے کہ $AgBr$ دونوں کا اظہار کرتا ہے یعنی فرینکل نقص کا بھی اور شاٹکی نقص کا بھی۔

شکل **1.31**: Na^+ کو Sr^{2+} سے عوض کر کے $NaCl$ میں کیٹاین خلا۔ (Cation Vacancy) کا تعارف:

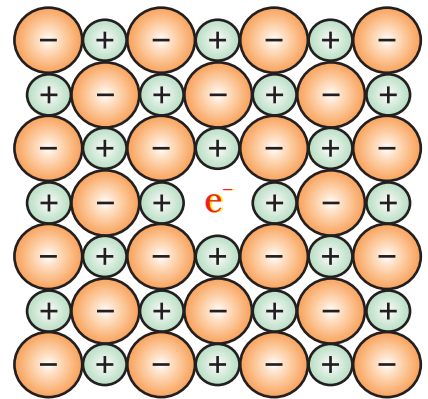
(b) **ملاوٹی نقائص** (Impurity Defects)

اگر پگھلا ہوا $NaCl$ جس میں $SrCl_2$ کی تھوڑی تعداد شامل ہو کرسٹلا ئزڈ ہوتا ہے، Na^+ آینوں کی کچھ جگہیں Sr^{2+} کے ذریعے گھر جاتی ہیں۔ (دیکھیے شکل 1.31) ہر Sr^{2+} دو Na^+ کی جگہ لیتا ہے۔ یہ ایک آین کی تو جگہ لے لیتا ہے اور دوسری جگہ خالی رہتی ہے۔ اس طرح جو کیٹاینک (Cationic) خالی جگہیں پیدا ہوتی ہیں ان کا نمبر Sr^{2+} آینوں کے نمبر کے برابر ہوتا ہے۔ اسی طرح کی ایک دوسری مثال $CdCl_2$ اور $AgCl$ کا ٹھوس محلول ہے۔

(c) **غیر تناسبی نقائص** (Non-Stoichiometric Defects)

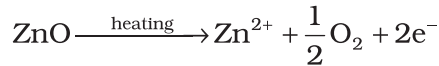
اب تک جن نقائص کا ذکر ہوا وہ قلمی اشیا (Substace) کی تناسب پیمائی (Stoichiometry) میں خلل نہیں ڈالتے۔ بہرحال بہت سے ایسے غیر تناسب (Non-Stoichiometric) غیر نامیاتی (Inorganic) ٹھوس معلوم ہیں جن کے ترکیبی عناصر اپنی کرسٹل ساختوں میں نقائص کی وجہ سے غیر تناسب نسبت میں ہوتے ہیں۔ یہ نقائص دو ٹائپ کے ہوتے ہیں: ایک کثیر دھاتی نقص (Metal Excess Defect) اور دوسرا قلیل دھاتی نقص (Metal Deficiency Defect)

(i) کثیر دھاتی نقص (Metal Excess Defect)

- اینایونک خلاؤں (Anionic Vacanci) کی وجہ سے کثیر دھاتی نقص: $NaCl$ اور KCl جیسے القلی ہیلائڈ اس ٹائپ کے نقص (Defect) کا اظہار کرتے ہیں۔ جب $NaCl$ کے کرسٹل سوڈیم ویپر (Vapour) کی فضا میں گرم کیے جاتے ہیں تو سوڈیم ایٹم کرسٹل کی سطح (Surface) پر اکھٹے ہوجاتے ہیں۔ Cl آین کرسٹل کی سطح پر نفوذ کرتے ہیں اور Na ایٹموں سے متحد ہو کر $NaCl$ بناتے ہیں۔ ایسا اس وقت ہوتا ہے جب سوڈیم ایٹم Na^+ آین بنانے کے لیے الیکٹرون ضائع کرتے ہیں۔ اخراج شدہ الیکٹرون کرسٹل میں نفوذ کرتے ہیں اور اینایونک جگہوں کو گھیر لیتے ہیں۔ (دیکھیے شکل 1.32) نتیجے کے طور پر اب کرسٹل میں سوڈیم کی کثرت ہوجاتی ہے۔ اینایونک جگہیں (Anionic Sites) جنھیں غیر جوڑی دار (Unpaired) الیکٹرون گھیر لیتے ہیں الیف سینٹر (F-Centre) کہلاتی ہیں۔ یہ لفظ F-Centre جرمن لفظ Farbenzenter سے بنایا گیا ہے جس کے معنی کلر سینٹر (Colour

شکل **1.32**: ایک کرسٹل میں ایف سینٹر (F-Centre)

Centre) یہ NaC1 کے کرسٹلوں کو پیلا رنگ دے دیتے ہیں۔ یہ رنگ، ان الیکٹرونوں کی برانگیختگی کا نتیجہ ہوتا ہے جو کرسٹلوں پر پڑنے والی مرئی روشنی سے توانائی جذب(Absorb) کرلیتے ہیں۔ اسی طرح لیتیم(Lithium) کی کثرات LiC1 کرسٹلوں کو گلابی(Pink) بنادیتی ہے اور پوٹاشیم کی کثرت سے KC1 کرسٹل بنفشی(Violet) یا ارغوانی(Lilac) بن جاتا ہے۔

- شگافی جگھوں (Interstitial Sites) پر ایکسٹرا کیٹاینوں کی موجودگی کی وجہ سے کثیر دھاتی نقص: کمرے کے درجہ حرارت پر زنک آکسائیڈ کا رنگ سفید ہوتاہے۔گرم کرنے پر یہ آکسیجن کھوبیٹھتا ہے اور پیلا پڑجاتا ہے۔

$$ZnO \xrightarrow{\text{heating}} Zn^{2+} + \frac{1}{2}O_2 + 2e^-$$

اب کرسٹل میں زنک کی زیادتی ہوجاتی ہے اور فارمولا $Zn_{1+x}O$ بن جاتا ہے۔ Zn^{2+} آینوں کی زیادتی شگافی جگھوں(Interstitial Sites) کی طرف بڑھتی ہے اور الیکٹرون ہمسایہ شگافی جگھوں کی طرف بڑھتے ہیں۔

(ii) قلیل دھاتی نقص(Metal Deficiency Defect)

بہت سے ایسے ٹھوس ہیں جن کو تناسب پیا ساخت(Stoichiometric Composition) میں تیار کرنا مشکل ہے اور جن میں اسٹوئی شیو میٹری پروپورشن کے مقابلے دھات کی مقدار کم ہوتی ہے۔FeO اس ٹائپ کی اہم مثال ہے جو اکثر $Fe_{0.95}O$ کمپوزیشن کے ساتھ پایا جاتا ہے۔ اس کی رینج $Fe_{0.93}O$ سے $Fe_{0.96}O$ تک ہوسکتی ہے۔FeO کے کرسٹلوں میں کچھ Fe^{2+} کیٹاین مفقود (Missing) ہوتے ہیں اور مثبت چارج کی کمی کو Fe^{3+} آینوں کی مطلوبہ تعداد کی موجودگی سے پورا کیا جاتا ہے۔

1.10 برقی خواص (Electrical Properties)

ٹھوس برقی موصلیت(Electrical Conductivities) کی حیرت انگیز رینج کا اظہار کرتے ہیں جو 10^{-20} سے $10^7 ohm^{-1}m^{-1}$ تک 27 سے زیادہ درجوں پر مربوط ہے۔موصلیت کے اعتبار سے ٹھوسوں کو تین زمروں میں تقسیم کیا جاسکتا ہے۔

(i) موصل(Conductors):۔ وہ ٹھوس جن کی موصلیت کی رینج 10^4 سے $10^7\ ohm^{-1}m^{-1}$ تک ہے موصل کہلاتے ہیں۔جن دھاتوں کی موصلیت(Conductivities) $10^7\ ohm^{-1}\ m^{-1}$ درجہ کی ہے وہ اچھی موصل(Good Conductor) کہلاتی ہیں۔

(ii) حاجز(Insulators):۔ یہ وہ ٹھوس ہیں جن کی موصلیت بہت پست یعنی 10^{-20} سے $10^{-10}\ ohm^{-1}$ m^{-1} درجے کے درمیان ہے۔

(iii) نیم موصل(Semi Conductors): یہ وہ ٹھوس ہیں جن کی موصلیت درمیانی رینج 10^{-6} (Intermidate Range) سے $10^4\ ohm^{-1}\ m^{-1}$ کی ہے۔

1.10.1 دھاتوں میں ایصال برق

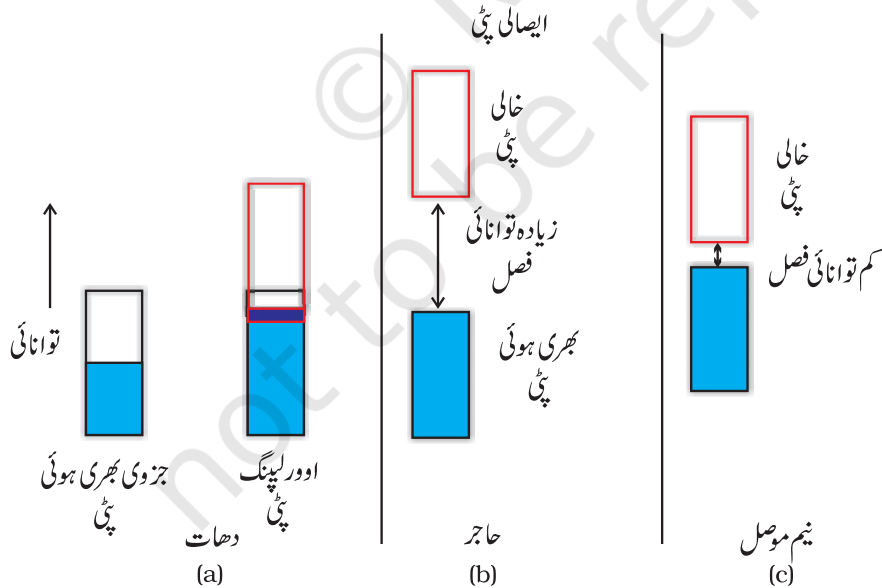
ایک موصل(Conductor) الیکٹرونوں یا آینوں کی حرکت (Movement) کے وسیلے سے برق کا ایصال (Conduction) کرتا ہے۔دھاتی موصل پہلی کیٹگیری سے تعلق رکھتے ہیں اور برق پاشے(Electrolytes) دوسری سے۔ دھاتیں برق کا ایصال کرتی ہیں چاہے یہ دھاتیں ٹھوس حالت میں ہوں یا پگھلی ہوئی حالت میں دھاتوں کی موصلیت، فی ایٹم موجود گرفتی الیکٹرونوں(Valence Electrons) کی تعداد پر منحصر ہوتی ہے۔ دھاتی ایٹموں کی

ایٹمی آربٹل(Orbitals) سالماتی آربٹل(Orbitals) بناتے ہیں جو توانائی میں ایک دوسرے سے اتنے قریب ہوتے ہیں کہ ان کی ایک پٹی(Band) بن جاتی ہے۔ اگر یہ پٹی جزوی طور پر بھری ہو یا اونچی توانائی کے ساتھ خالی ایصالی پٹی (Unoccupied Conduction Band) پر چڑھی ہوئی ہو تو اس وقت الیکٹرون ایک برقی فیلڈ کے تحت آسانی کے ساتھ بہہ سکتے ہیں اور تب دھات موصلیت کا اظہار کرتی ہے (شکل(a)1.33)

اگر بھری ہوئی گرفتی پٹی (Valence Band) اور قریبی اونچی خالی پٹی (ایصالی پٹی) کے درمیان خلیج(Gap) زیادہ ہے تو الیکٹرون وہاں تک نہیں پہنچ سکتے اور نتیجتاً ایسی شے (Substance) کی موصلیت بہت کم ہوتی ہے اور اس کا عمل ایک حاجز(Insulator) کا ہوتا ہے۔ (دیکھیے شکل(b)1.33)

1.10.2 نیم موصلوں میں ایصال برق Conduction of Electricity in Semiconductors)

نیم موصلوں میں گرفتی پٹی اور ایصالی پٹی کے درمیان خلیج (Gap) کم ہوتا ہے(شکل(c)1.33) اس طرح کچھ الیکٹرون ایصالی پٹی تک پہنچ جاتے ہیں اور موصلیت کا اظہار کرتے ہیں۔ نیم موصلوں کی برقی موصلیت درجۂ حرارت میں اضافہ کے ساتھ بڑھتی ہے کیونکہ ایسی صورت میں زیادہ الیکٹرون ایصالی پٹی تک پہنچ پاتے ہیں۔ سلی کون اور جرمینیم جیسی اشیا اس طرح کے رویّوں(Behaviours) کا اظہار کرتی ہیں اور ایسی اشیا(Substance) کو ذاتی نیم موصل(Intrinsic Semiconductors) کہا جاتا ہے۔

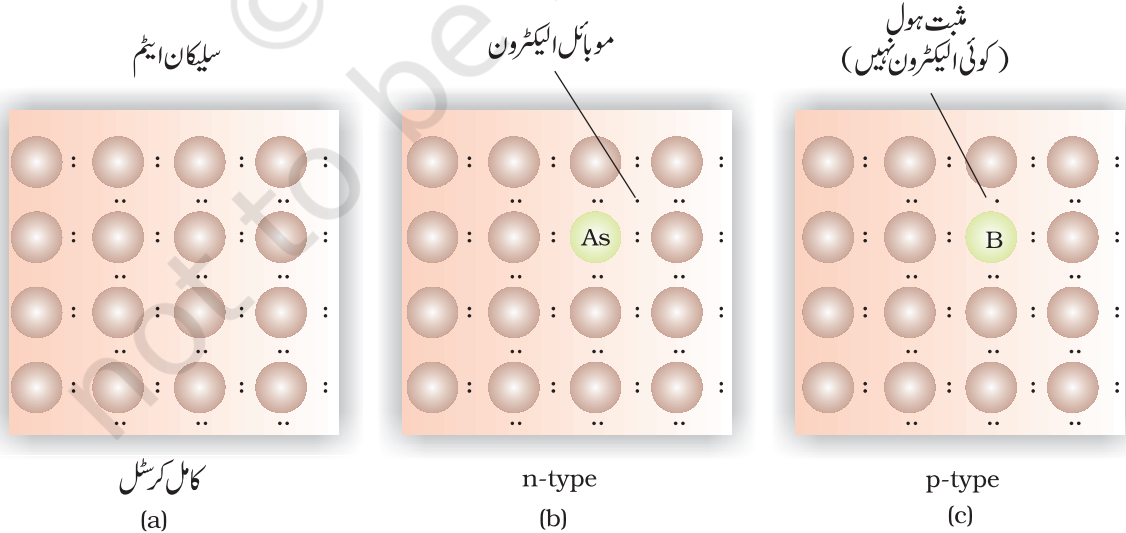
ایسے ہم ذاتی نیم موصلوں کی موصلیت پریکٹیکل استعمال کے لیے بہت ہی کم ہوتی ہے۔ موزوں ملاوٹوں کی مناسب مقدار کا اضافہ کرکے ان کی موصلیت کو بڑھایا جاسکتا ہے۔ اس عمل کو ڈوپنگ(Doping) کہا جاتا ہے۔ ڈوپنگ Doping کا عمل کسی بھی ایسی ملاوٹی چیز(Impurity) کی آمیزش سے انجام پاسکتا ہے جو الیکٹرونوں سے مالا مال ہو یا جس میں الیکٹرونوں کی کمی ہو (ذاتی نیم موصل سلی کون یا جرمینیم کا موازنہ کیجیے) یہ ملاوٹیں ان میں الیکٹرانک نقائص کو داخل کردیتی ہیں۔

شکل 1.33 امتیاز مابین(a)دھات(b)حاجز اور(c)نیم موصل۔ ان میں سے ہرایک صورت میں، بنا شیڈ کا حصہ ایصالی پٹی کا اظہار ہے۔

(a) الیکٹرون سے مالا مال ملاوٹیں (Electron-rich Impurities)

سلی کون اور جرمنیم کا تعلق دوری جدول کے گروپ14 سے ہے اور ان میں سے ہر ایک کے چار، گرفتی الیکٹرون ہیں۔ ان کے کرسٹلوں میں، ہر ایٹم اپنے ہمسایوں کے ساتھ چار شریک گرفتی پٹی (Covalent Band) بناتا ہے۔ (دیکھیے شکل1.34(a))

جب گروپ 15 کے عنصر جیسے p یا As کے ساتھ جس میں پانچ گرفتی الیکٹرون ہوتے ہیں، اس کی ڈوپنگ کی جاتی ہے تو یہ سلی کون یا جرمنیم کے کرسٹل میں جالی کی کچھ جگہوں کو گھیر لیتے ہیں۔ (دیکھیے شکل1.34(b)) پانچ میں سے چار الیکٹرون کا استعمال، چار ہمسایہ سلی کون ایٹوں کے ساتھ چار شریک گرفتی بندوں کی تشکیل کے لیے کیا جاتا ہے۔ پانچواں الیکٹرون ایکسٹرا ہوتا ہے اور غیر مقامی ساختہ (Delocalized) ہوجاتا ہے۔ یہ ڈی لوکلائزڈ (Delocalized) الیکٹرون ڈوپنگ شدہ سلی کو یا جرمنیم کی موصلیت کو بڑھادیتے ہیں۔ موصلیت میں یہ اضافہ منفی طور پر چارج شدہ الیکٹرون کی وجہ سے ہوتا ہے اس لیے الیکٹرون سے مالا مال ملاوٹ کے ساتھ ڈوپنگ شدہ سلی کون کو n-type نیم موصل کہا جاتا ہے۔

(b) کم الیکٹرون والی ملاوٹیں (Electorn-Deficient Impurities)

سلی کون یا جرمنیم کی ڈوپنگ گروپ 13 کے عنصر جیسے B, A1 یا Ga سے بھی کی جاسکتی ہے جو صرف تین گرفتی الیکٹرونوں پر مشتمل ہوتا ہے۔ وہ جگہ جہاں چوتھا گرفتی الیکٹرون مفقود (Missing) ہوتا ہے اس کو الیکٹرون ہول (Electron Hole) یا الیکٹرون خلا (Electron Vacancy) کہا جاتا ہے۔ (دیکھیے شکل1.34(c)) کوئی الیکٹرون ہمسایہ ایٹم سے آسکتا ہے اور الیکٹرون ہول (Hole) کو پر کرسکتا ہے لیکن اس طرح ڈوپنگ کرنے میں یہ، ایک الیکٹرون ہول کو اپنی اوریجنل پوزیشن پر چھوڑے گا۔ اگر ایسا ہوتا ہے تو پھر یوں لگے گا گویا الیکٹرون ہول اس الیکٹرون کی مخالف سمت میں آگے بڑھ گیا ہے جس نے اس کی جگہ بھری تھی۔ برقی فیلڈ کے اثر کے تحت، الیکٹرون، الیکٹرونک ہولز (Holes) کے وسیلے سے مثبت طور پر چارج شدہ پلیٹ کی طرف بڑھتے ہیں لیکن لگے گا یوں گویا

شکل 1.34: گروپ13 اور گروپ14 کے عناصر کی ڈوپنگ کے ذریعہ n-ٹائپ اور p-ٹائپ نیم موصلوں کی تخلیق۔

الیکٹرون ہول مثبت طور پر چارج ہیں اور منفی طور پر چارج شدہ پلیٹ کی طرف بڑھ رہے ہیں۔ اس قسم کے نیم موصل p ٹائپ، نیم موصل کہلاتے ہیں۔

n-ٹائپ اور p-ٹائپ نیم موصلو ں کے استعمال (Applications of n-type and p-type semiconductors)

n-ٹائپ اور p ٹائپ نیم موصلوں کے مختلف اتحاد (Combinations) الیکٹرونک کل پرزے بنانے میں استعمال کیے جاتے ہیں۔ Diode' n ٹائپ اور p ٹائپ نیم موصلوں کا ایک اتحاد ہے جس کا استعمال ایک Rectifier کی شکل میں کیا جاتا ہے۔ ایک ٹائپ کے نیم موصل کی پرت کو دوسرے ٹائپ کے نیم موصل کی دو پرتوں کے درمیان رکھ کر ٹرانسسٹر بنائے جاتے ہیں۔ npn اور pnp ٹائپ کے ٹرانسسٹروں کا استعمال ریڈیو یا آڈیو سگنلوں کی کھوج کرنے یا ان کو بڑھانے (Amplify) کے لیے کیا جاتا ہے۔ شمسی سیل (Solar Cell) ایک کارگر Photo-Diode ہے جس کا استعمال نوری توانائی (Light Energy) کو برقی توانائی میں تبدیل کرنے کے لیے کیا جاتا ہے۔

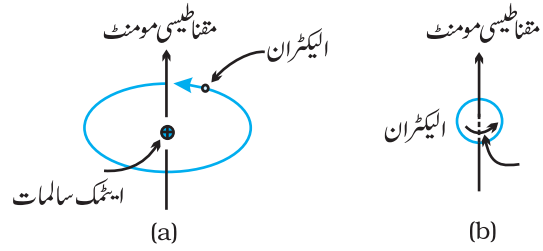
جرمینیم اور سلی کون گروپ 14 کے عناصر ہیں اور اسی وجہ سے چار کی گرفت ان کی خصوصیت ہے اور وہ چار بند (Bonds) بناتے ہیں جیسے کہ ڈائمنڈ میں۔ ٹھوس حالت والی اشیا کی بہت سی قسمیں چار کے اوسط گرفت کی تحریک کے لیے گروپ 13 اور 15 یا گروپ 12 اور 16 کے اتحاد سے تیار کی جاتی ہیں۔ جیسا کہ Ge اور Si میں ہے۔ گروپ 15-13 خصوصی مرکبات InSb، AlP اور GaAs ہیں۔ گیلیم آرسینائڈ (GaAs) نیم موصلوں کی کارکردگی بہت تیز ہوتی ہے اور انھوں نے نیم موصلوں کی ڈیزائن اورطریق کار میں انقلاب پیدا کردیا ہے۔ ZnS، CdS، CdSe اور HgTe، گروپ 16-12 کے مرکبات کی مثالیں ہیں۔ ان مرکبات (Compounds) میں بند کامل طور پر شریک گرفتی نہیں ہوتے اور آیونک کردار دونوں عناصر کی برقی منفیوں (Electronegativities) پر منحصر ہوتا ہے۔

دلچسپ بات یہ ہے کہ عبوری دھاتی آکسائڈ (Transition Metal Oxides)، برقی خواص میں نمایاں اختلافات کا اظہار کرتے ہیں۔ TiO، CrO_2 اور ReO_3 دھات جیسا رویہ (Behaviour) ظاہر کرتے ہیں (Rhenium Oxide)، ReO_3، اپنی موصلیت اور ظاہری شکل میں دھاتی کاپر کی طرح ہوتا ہے۔ کچھ اور آکسائڈ جیسے VO، VO_2، VO_3 اور TiO_3 دھات یا ایک حاجز کے خواص کا اظہار کرتے ہیں جس کا انحصار درجۂ حرارت پر ہے۔

1.11 مقناطیسی خصوصیات (Magnetic Propeties)

ہر شے سے کچھ مقناطیسی خواص وابستہ ہوتے ہیں۔ ان خواص کا منبع الیکٹرون میں موجود ہوتا ہے۔ ایٹم کا ہر الیکٹرون ایک چھوٹے سے مقناطیس کی طرح اپنے رویے کا اظہار کرتا ہے۔ اس کا مقناطیسی معیار اثر (Magnetic Moment) دو ٹائپ کی حرکتوں سے وجود میں آتا ہے (i) ایک نیوکلیس کے چاروں طرف ارٹبل حرکت سے اور (ii) دوسرے اس کے اپنی دھری کے چاروں طرف گردش سے (دیکھیے شکل 1.35) الیکٹرون کو جو ایک چارج شدہ ذرہ ہوتا ہے اوران حرکتوں (Motions) کے زیر اثر ہوتا ہے، کرنٹ کا سب سے چھوٹا حلقہ (Loop) سمجھا جاسکتا ہے جو

ایک مقناطیسی معیار اثر کا مالک ہوتا ہے۔ اس طرح ہر الیکٹرون کا ایک مستقل چکر اور ایک آربٹل مقناطیسی معیار اثر ہوگا جو اس سے تعلق رکھتا ہے۔ اس مقناطیسی معیار اثر کی ضخامت (Magnitiude) بہت چھوٹی ہوتی ہے اور اس کو جس یونٹ میں ناپا جاتا ہے اسے Bohr LiB Magneton کہا جاتا ہے۔ یہ 9.2710^{-24} Am^2 کے مساوی ہوتا ہے۔

مقناطیسی مومنٹ
الیکٹران
ایٹمک سالمات
(a)
مقناطیسی مومنٹ
الیکٹران
(b)

شکل 1.35: اس مقناطیسی معیاری اثر کا اظہار جو وابستہ ھے (a) کسی آربٹنگ الیکٹرون سے اور (b) گردشی الیکٹرون سے

مقناطیسی خواص کی بنیاد پر۔ اشیا (Substance) کی پانچ زمروں میں درجہ بندی کی جاسکتی ہے:

(i) پیرا میگنٹک (ii) ڈایا میگنیٹیک (iii) فیرو میگنیٹک (iv) اینٹی فیرو میگنیٹک اور (v) فیری میگنیٹک

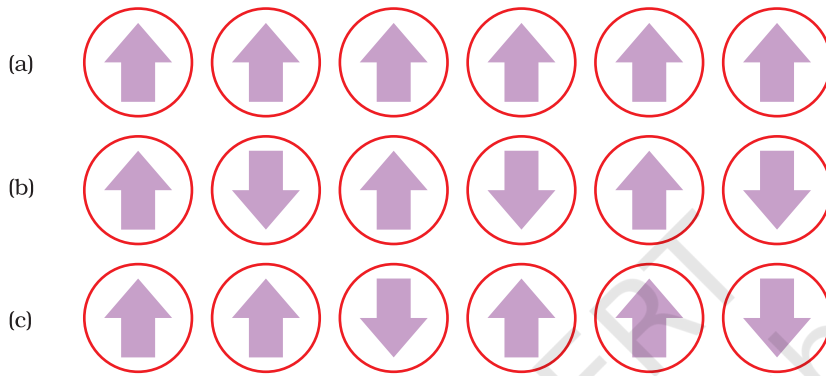
(i) پیرا میگنیٹک: پیرا میگنٹک اشیا کی میگنیٹک فیلڈ میں کشش بہت کمزور ہوتی ہے۔ کسی میگنیٹک فیلڈ میں ان کا مقناؤ (Magnetication) اسی سمت میں ہوتا ہے۔ یہ میگنیٹک فیلڈ کی عدم موجودگی میں اپنی مقناطیسیت (Magnetsim) کھو بیٹھتی ہیں۔ پیرا میگنیٹزم۔ ایک یا زیادہ غیر جوڑی دار الیکٹرونوں (Unpaired Electrons) کی وجہ سے ہوتا ہے جن کو میگنیٹک فیلڈ کے ذریعے کھینچا جاتا ہے۔ O_2، Cu^{2+}، Fe^{3+} اور Cr^{3+} اس قسم کی اشیاء (Substaces) کی ہی کچھ مثالیں ہیں۔

(ii) ڈایا میگنیٹزم: ڈایا میگنیٹک اشیا کسی میگنیٹک فیلڈ کے ذریعے بہت کمزور طور پر دفع کی جاتی ہیں۔ H_2O، $NaCl$ اور C_6H_6 ایسی ہی اشیا کی مثالیں ہیں۔ ایک مقناطیسی میدان میں ان کی مخالف سمت میں بہت کمزور طریقے پر مقناؤ ہوتا ہے۔ ڈایا میگنیٹزم کا اظہار ان اشیا کے ذریعے ہوتا ہے جن میں الیکٹرون جوڑے دار (Paired) ہوتے ہیں اور وہاں غیر جوڑے دار الیکٹرون نہیں ہوتے۔ الیکٹرون کی جوڑے داری (Pairing) اپنے مقناطیسی معیاری اثرات کو مسترد کردیتی ہے اور وہ اپنے مقناطیسی کردار کو چھوڑ بیٹھتے ہیں۔

(iii) فیرو میگنیٹزم: کچھ اشیا جیسے لوہا، کوبالٹ، نکل، گیڈولینیم اور C_rO_2 کی مقناطیسی میدان کے ذریعے بہت شدید کشش ہوتی ہے۔ ایسی اشیا کو فیرومیگنیٹک اشیا (Ferromagnetic Substances) کہتے ہیں۔ شدید کشش کے علاوہ، ان اشیاء کا مستقل طور پر مقناؤ کیا جاسکتا ہے۔ ٹھوس حالت میں فیرومیگنیٹک اشیاء کے دھاتی آینوں کی باہم گروپنگ چھوٹے چھوٹے خطّوں/ علاقوں (regions) میں کی جاتی ہے۔ ان علاقوں کو قلمرو (غیرمخلوط مقناطیسی علاقہ) (Domains) کہا جاتا ہے۔ اس طرح ہر قلمرو (domain) ایک چھوٹے مقناطیس کی طرح عمل کرتی ہے۔ ایک فیرومیگنیٹک شے کے غیر مقناؤ شدہ (Unmgnatized) ٹکڑے میں غیرمخلوط مقناطیسی علاقوں (Domains) کی تشریق (Orientation) اٹکل پچھو ہوتی ہے اور ان کے مقناطیسی معیاری میدان میں رکھا جاتا ہے تو تمام قلمروؤں کی تشریق (Orientation) مقناطیسی میدان کی سمت میں ہوجاتی ہے۔ (شکل 1.36(a)) اور ایک شدید مقناطیسی اثر پیدا ہوتا ہے۔ قلمروؤں کی یہ نظم وترتیب اس وقت بھی باقی رہتی ہے جب مقناطیسی میدان ختم ہوجاتا ہے اور فیرومیگنیٹک شے مستقل میگنیٹ بن جاتی ہے۔

(iv) اینٹی فیرو میگنیٹزم: MnO جیسی اشیاء (Substances) کی جو اینٹی فیرومیگنیٹزم کا اظہار کرتی ہیں قلمرو ساخت (Domain Structure) ایسی ہی ہوتی ہے جیسی فیرومیگنیٹک اشیاء کی لیکن ان قلمرو

(Domains) کی تشریق مخالف سمت میں ہوتی ہے اور وہ ایک دوسرے کے مقناطیسی معیار اثر کو ختم کر دیتی ہیں۔ (شکل 1.36(b))

(v) فیری میگنیٹزم: فیری میگنیٹزم کا مشاہدہ اس وقت ہوتا ہے جب شے میں قلمروؤں (Domains) کے مقناطیسی مومنٹ (Moments) متوازی اور مخالف متوازی سمتوں میں غیر مساوی تعداد میں قطار بند ہوتے ہیں۔ (شکل 1.36(c))۔ فیرومیگنیٹک اشیاء کے مقابلے، یہ مقناطیسی میدان کے ذریعے بہت کمزور طریقے پر کھینچے جاتے ہیں۔ Fe_3O_4 (Magnetite) اور فیری ٹائٹ (Ferritites) جیسے $MgFe_2O_4$ اور $MgFe_2O_4$ ایسی ہی اشیاء کی مثالیں ہیں۔ گرم کرنے پر یہ اشیاء فیری میگنیٹزم کو کھو دیتی ہیں اور پیرا میگنیٹک ہو جاتی ہیں۔

شکل 1.36: (a) فیرو میگنیٹک (b) اینٹی فیرو میگنیٹک اور (c) فیری میگنیٹک میں مقناطیسی معیارات کی قیاسی قطار بندی (Schematic Alignment)

متن پر مبنی سوالات

1.19 جب ایک ٹھوس کو گرم کیا جاتا ہے تو کون سا نقص (Defect) پیدا ہو جاتا ہے؟ اس سے کون سی طبعی خاصیت (Property) متاثر ہوتی ہے اور کس طریقے سے ہوتی ہے؟

1.20 ZnS اور AgBr کس ٹائپ کے تناسب پیما (Stoichiometric) نقص کا اظہار کرتے ہیں؟

1.21 جب کسی ایونک ٹھوس میں اونچی گرفت کے کیٹاین کا اضافہ ایک ملاوٹ کے روپ میں کر دیا جاتا ہے تو اس میں کس طرح خلاؤں (Vacancies) کو داخل (Introduce) کیا جاتا ہے۔ وضاحت کیجیے۔

1.22 آیونک ٹھوس جو کثیر دھاتی نقص (Metal Excess Defect) کی وجہ سے این آیونک خلا (Vacancy) رکھتے ہیں، رنگ بناتے ہیں مناسب مثال کی مدد سے وضاحت کیجیے۔

1.23 گروپ 14 کا عنصر کسی مناسب ملاوٹ کی ڈوپنگ کے ذریعے n ٹائپ کے نیم موصل میں تبدیل ہو جاتا ہے۔ یہ ملاوٹ کس گروپ سے متعلق ہونی چاہیے؟

1.24 کس قسم کی اشیاء (Substaces) بہتر اور مستقل میگنیٹس — فیرومیگنیٹک یا فیری میگنیٹک — بناتے ہیں مدلل لکھیے۔

خلاصہ

ٹھوس مستقل کمیت، حجم اور شکل رکھتے ہیں۔ ایسا ان کے ترکیبی ذرات کی مقررہ(Fixed)پوزیشن اور ان کے درمیان، مختصر فاصلوں اور شدید تعاملوں کی وجہ سے ہوتا ہے۔ نقلمی یعنی امورفس (Amorphous) ٹھوسوں میں، ترکیبی ذرات کی ترتیب میں صرف مختصر رینج کا نظام(short range order)ہوتا ہے اور نتیجے میں ان کا رویہ اعلی سرد مائع (Supre Cooled Liquids) کا ہوتا ہے نیز ان کا نقطہ گداخت......(Sharp) نہیں ہوتا اور وہ اپنی فطرت میں ہم طرف(Iso tropic)ہوتے ہیں۔ قلمی ٹھوسوں کے ترکیبی ذرات کی ترتیب میں ایک لمبی رینج کا نظام (Long range order)ہوتا ہے۔ ان کا نقطۂ گداخت بہت زیادہ(Sharp) ہوتا ہے اور وہ اپنی فطرت میں غیر ہم طرف (Aniso tropic)ہوتے ہیں نیز ان کے ذرات مخصوص شکل والے ہوتے ہیں۔ قلمی ٹھوسوں کے خواص، ان کی ترکیبی ذرات کے مابین تعاملات کی نوعیت پر منحصر ہوتے ہیں۔ اس اعتبار سے وہ چار زمروں میں درجہ بند کیے جاسکتے ہیں یعنی، سالماتی(Molecular)، آیونک(Ionic)، دھاتی اور شریک گرفتی(Covalent) ٹھوس، خواص کے اعتبار سے ان کے درمیان بہت اختلافات ہیں۔

قلمی ٹھوسوں میں ترکیبی ذرات ایک باقاعدہ نمونے(Pattern)پر مرتب ہوتے ہیں اور یہ نمونہ(Pattern)تمام قلم (Crystal)میں چلتا ہے یہ ترتیب اکثر نقطوں کی تین ابعادی قطار کی شکل میں ظاہر ہوتی ہے جس کو قلمی جالی (Crystal Lattice) کہا جاتا ہے۔ جالی کا ہر نقطہ کسی خلا(Space)میں ایک ذرہ کے وقوع (Location) کو بتاتا ہے۔ مجموعی طور پر چودہ مختلف قسم کی جالیاں ممکن ہیں جنھیں(Bravice Lattices) کہا جاتا ہے۔ ہر جالی اس کے خصوصی حصے (Charcteristic Portion) کی تکرار سے بنایا جاسکتا ہے جسے یونٹ سیل کہتے ہیں۔ ایک یونٹ سیل کی خصوصیت اس کی حاشیائی لمبائیاں(Edge Length)اور ان حاشیوں کے درمیان تین زاویے ہیں۔ یونٹ سیل یا تو ابتدائی(Primitive)ہوں گے جن کے ذرات صرف ان کی کارنر پوزیشنوں پر ہوتے ہیں یا پھر مرکزی Centredہوں گے۔ مرکزی یونٹ سیل اپنے جسمی مرکز(Body Centre)پر، ہر رُخ کے مرکز (Face Centred) پر یا دو متضاد رُخوں کے مرکز(End Centred)پر اضافی ذرات کے حامل ہوتے ہیں۔ ابتدائی(Primitive)یونٹ سیل سات طرح کے ہوتے ہیں۔ مرکزی(Centred)یونٹ سیل کے حساب سے، یونٹ سیلز کی کل تعداد سات قسم کی بنیادی اکائی سیل ہیں۔ مرکزی یونٹ کو اگر شامل کرلیا جائے تو کل ملاکر چودہ قسم کی یونٹ سیل ہیں جس کے نتیجے میں چودہ Breavais Lattices بنتے ہیں۔

ذرات کی کلوز پیکنگ کے نتیجے میں دو بہت زیادہ کارگر لیٹس حاصل ہوتے ہیں یعنی (Hexagonal Closed Pakced)hcp اور ccp(Cubic Colsed Packed) آخر الذکر fcc(Face Centrel Cubic)لیٹس بھی کہلاتی ہے۔ ان دونوں قسم کی پیکنگ میں74% جگہ بھری رہتی ہے۔ باقی جگہ دو قسم کے وائڈز(Voids) کی شکل میں موجود ہوتی ہے جنھیں آکٹا ہیڈرل وائڈز(Octa hedral Voids)اور ٹیٹرا ہیڈرل وائڈز(Tetra hedral Voids) کہتے ہیں۔ دیگر قسم کی پیکنگ کلوز پیکنگ نہیں ہیں اور ان میں ذرات کی پیکنگ زیادہ کارگر نہیں ہوتی ہے جب کہ bcc(Body Centrel Cubic)لیٹس میں68% جگہ پر ہوتی ہے۔ سادہ مکعبی لیٹس میں صرف52.4% جگہ پر ہی ہوتی ہے۔

ٹھوس اشیاء کی ساخت کامل نہیں ہوتی۔ ان میں کئی قسم کے نقص(defects) پائے جاتے ہیں۔ نقطہ نقص(Point defect)اور خطی نقص(Line Defect)عام قسم کے نقص ہیں۔ نقطہ نقص تین قسم کے ہوتے ہیں۔ تناسب پیمائی نقص (Stoichiometric

Defect)، ملاوٹ کا نقص(Impurity Defect)اور غیر تناسب پیمائی نقص۔ ویکنسی نقص اور انٹرا سٹیشل نقص، تناسب پیمائی نقطہ نقص کی دو بنیادی قسمیں ہیں۔ آینی ٹھوس اشیاء میں یہ نقص فرینکل(Frenkal)اور شاٹ کی نقص(Shottky Defect) کی شکل میں موجود ہوتے ہیں۔ ملاوٹ کے نقص کرسٹل میں موجود دو ملاوٹوں کی وجہ سے ہوتے ہیں۔ آینی ٹھوس اشیاء میں جب ملاوٹ کا ویلنس خاص مرکب کے ویلنس سے مختلف ہوتا ہے تو کچھ ویکنسی پیدا ہوجاتی ہیں غیر تناسب پیمائی نقص دھاتوں کی زیادتی(Metalexcess)یا دھاتوں کی کمی(Metal Deficient)قسم کے ہوتے ہیں۔ بعض اوقات ملاوٹوں کی تحسیب شدہ مقدار کو کچھ نیم موصلوں میں ملا دیا جاتا ہے جس سے ان کی برقی خصوصیات تبدیل ہوجاتی ہیں۔ اس قسم کے مادوں کا استعمال الیکٹرانک صنعت میں بڑے پیمانے پر کیا جاتا ہے۔ ٹھوس اشیاء کئی قسم کی مقناطیسی خصوصیات کو ظاہر کرتی ہیں مثلاً پیرا مقناطیسیت، ڈایا مقناطیسیت، فیرومقناطیسی، اینٹی فیرومقناطیسی اور فیری مقناطیسی ان خصوصیات کا استعمال سمعی بصری اور دیگر ریکارڈنگ کے آلات میں کیا جاتا ہے۔ یہ سبھی خصوصیات ان کے الیکٹران تشکل یا ساختوں سے مربوط ہیں۔

مشقیں

1.1 اصطلاح غیر قلمی (Amorphous) کی تعریف بیان کیجیے۔ غیر قلمی ٹھوس اشیا کی چند مثالیں پیش کیجیے۔

1.2 کس وجہ سے کانچ، کوارٹز جیسے ٹھوس کے مقابلے مختلف ہوتا ہے؟ کن حالات میں کوارٹز کو کانچ میں تبدیل کیا جاسکتا ہے؟

1.3 مندرجہ ذیل ٹھوس اشیاء کی درجہ بندی آینی، دھاتی، سالماتی، نیٹ ورک (شریک گرفت) یا امارفس کے تحت کیجیے۔

(i) ٹیٹرا فاسفورس ڈیک آکسائڈ(CP_4O_{10})

(ii) امونیم فاسفیٹ $(NH_4)_3PO_4$

(iii) SiC

(iv) I_2

(v) P_4

(vi) پلاسٹک

(vii) گریفائٹ

(viii) پیتل

(ix) Rb

(x) LiBr

(xi) Si

1.4 (i) اصطلاح کوآرڈینیشن نمبر، سے کیا مراد ہے؟

(ii) مندرجہ ذیل میں ایٹموں کا کوآرڈینیشن نمبر کیا ہوگا۔

(a) ccp ساخت میں

(b) bcc ساخت میں

1.5 آپ کسی نامعلوم دھات کی ایٹمی کمیت کا تعین کس طرح کریں گے اگر آپ کو اس کی کثافت اور یونٹ سیل کی جسامت معلوم ہے؟ تشریح کیجیے۔

1.6 کسی کرسٹل کے استحکام کی عکاسی اس کے نقطہ گداخت کی قدر سے ہوتی ہے۔ اپنے خیالات کا اظہار کیجیے۔ ٹھوس پانی، ایتھائل الکوحل، ڈائی ایتھائل ایتھر اور میتھین کے نقطہ گداخت جمع کیجیے۔ ان سالمات کے درمیان بین سالماتی قوتوں کے بارے میں آپ کیا کہہ سکتے ہیں؟

1.7 مندرجہ ذیل اصطلاحات کے جوڑوں کے درمیان آپ کس طرح فرق کریں گے؟

(i) hcp اور ccp

(ii) قلمی جالی (کرسٹل لیٹس) اور یونٹ سیل

(iii) چوسطحی خلا اور ہشت سطحی خلا

1.8 مندرجہ ذیل ہر ایک لیٹس کی یونٹ سیل میں کتنے لیٹس پوائنٹ ہوتے ہیں؟

(i) رخ مرکزی مکعبی (fcc)

(ii) رخ مرکزی ٹیٹرا گونل (fct)

(iii) جسم مرکزی

1.9 تشریح کیجیے۔

(i) دھاتی اور آئنی کرسٹلوں میں یکسانیت اور فرق کی بنیاد۔

(ii) آئنی ٹھوس سخت اور پھوٹک ہوتے ہیں۔

1.10 مندرجہ ذیل کے لیے دھاتی کرسٹل کے معاملے میں پیکنگ کی کارکردگی کی تحسیب کیجیے۔

(i) سادہ مکعبی

(ii) جسم مرکزی مکعبی

(iii) رخ مرکزی مکعبی (فرض کیجیے کہ ایٹم ایک دوسرے کو مس کر رہے ہیں)

1.11 سلور fcc لیٹس میں کرسٹلائز ہوجاتی ہے۔ اگر سیل کے کنارے کی لمبائی 4.07×10^{-8} اور کثافت $10.5 g\ cm^{-3}$ ہو تو سلور کی ایٹمی کمیت معلوم کیجیے۔

1.12 ایک مکعبی ٹھوس p اور Q دو عناصر سے بنا ہے۔ Q کے ایٹم کعب کے کونوں پر ہیں اور p کے اندر ایٹم مرکز میں ہیں۔ مرکب کا فارمولہ کیا

ہوگا؟ pاور Q کا کوآرڈینیشن نمبر کیا ہوگا؟

1.13 نیوبیم جسم مرکزی مکعبی ساخت میں کرسٹلائز ہوتا ہے۔ اگر کثافت $8.55\ g\ cm^{-3}$ ہو تو نیوبیم کا ایٹمی نصف قطر معلوم کیجیے۔ اس کی ایٹمی کمیت 93U ہے۔

1.14 اگر آکٹا ہیڈرل وائڈ کا نصف قطر اور کلوز پیکنگ میں ایٹموں کی نصف قطر R ہے تو r اور R کے درمیان تعلق واضح کیجیے۔

1.15 کاپر fcc لیٹس میں کرسٹلائز ہوتا ہے جس کے کنارے کی لمبائی $3.61\ 10^{-8}\ cm$ ہے۔ دکھایئے کہ تحسیب شدہ کثافت، پیمائش کی گئی قدر کے مطابق ہے۔

1.16 تجزیہ کرنے پر معلوم ہوتا ہے کہ نکل آکسائڈ کا فارمولہ $Ni0_{0.98}O_{1.00}$ ہے۔ نکل کا کتنا حصہ Ni^{2+} اور کتنا حصہ Ni^{3+} آینوں کی شکل میں ہے؟

1.17 نیم موصل (Semi Condutor) کیا ہے؟ نیم موصلوں کی دو خاص قسمیں بیان کیجیے اور ان کے ایصال میکانزم کا موازنہ کیجیے۔

1.18 غیر تناسب پیمائی کیوپرس آکسائڈ، $CU_2\ O$ کو تجربہ گاہ میں تیار کیا جاسکتا ہے۔ اس آکسائڈ میں، کاپر کی آکسیجن سے نسبت 2:1 سے تھوڑا کم ہے۔ کیا آپ اس حقیقت کی وجہ بتا سکتے ہیں کہ یہ شے p- قسم کی نیم موصل ہے۔

1.19 فیرک آکسائڈ آینوں کی hcp ترتیب میں کرسٹلائز ہوتا ہے جس میں تین میں سے دو آکٹا ہیڈرل سوراخ فیرک آینوں کے ذریعہ گھیر لیے جاتے ہیں۔ فیرک آکسائڈ کا فارمولہ معلوم کیجیے۔

1.20 مندرجہ ذیل میں ہر ایک کی درجہ بندی p قسم یا n قسم کے نیم موصل کے تحت کیجیے۔

(i) Ge میں In کی آمیزش

(ii) B میں Si کی آمیزش

1.21 گولڈ (ایٹمی نصف قطر=0.144 nm) رخ مرکزی یونٹ سیل میں کرسٹلائز ہوتا ہے۔ سیل کے ایک ضلع کی لمبائی کیا ہوگی؟

1.22 بینڈ تھیوری کے مطابق مندرجہ ذیل میں فرق بتایئے۔

(i) موصل اور حاجز

(ii) موصل اور نیم موصل

1.23 مندرجہ ذیل اصطلاحات کی وضاحت مع مثال کیجیے۔

(i) شاٹ کی نقص (ii) فرینکل نقص (iii) انٹراسٹیشل اور (iv) F مرکزی

1.24 ایلیومینیم ccp ساخت میں کرسٹلائز ہوتا ہے۔ اس کا دھاتی نصف قطر 125 pm ہے۔

(i) یونٹ سیل کے ضلع کی لمبائی کیا ہوگی؟

(ii) ایلیومینیم کے $1.00\ cm^3$ میں کتنی یونٹ سیل ہوں گی؟

1.25 اگر NaCl کی $SrCl_2$ کے 10^{-3}mol% میں ڈوپنگ کی جائے تو کیٹ آین وینکسی کا ارتکاز کیا ہوگا؟

1.26 مندرجہ ذیل کی وضاحت مع مثالوں کے کیجیے۔

(i) فیرومقناطیسیت

(ii) پیرامقناطیسیت

(iii) فیری مقناطیسیت

(iv) اینٹی فیرومقناطیسیت

(v) 12-16اور13-15 گروپ مرکبات

متن پر مبنی کچھ سوالوں کے جوابات

1.14 4

1.15 وائڈ کی کل تعداد $9.033\ 10^{23}$

ٹیٹرا ہیڈرل وائڈ کی تعداد $6.022\ 10^{23}$

1.16 M_2N_3

1.18 ccp